



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

C 438,755



PROPERTY OF  
*University of  
Michigan  
Libraries*

1817

ARTES SCIENTIA VERITAS











UNIVERSITÄT  
DUISBURG

TK  
3  
E46

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

72. Jahrgang

1951

Wuppertal  
VDE-Verlag GmbH.  
1951



LIBRARY

111

1716

# Inhaltsverzeichnis

1951

## A. Sachverzeichnis

	Seite		Seite
I. Aufsätze, Rundschau u. kleinere Mitteilungen . . . . .	3	III. Schrifttum (insb. Buchbesprechungen) . . . . .	18
II. Persönliches . . . . .	18	IV. Verbandsnachrichten . . . . .	20

Zusammenklärung: \* = größerer Aufsatz. — B. = Berichtigung. — Bespr. = Buchbesprechung. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. Fachb. = Fachbericht.

### I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen

**Akkumulatoren** s. Elemente  
**Akustik** s. Technische Akustik  
**Alarmanlagen** s. Signalanlagen  
**Antennen** s. Funktechnik  
**Antriebe** (s. a. Maschinenantriebe)  
Lüftrosselspulen zur Fehlerbegrenzung in Motorstromkreisen. Nach J. D. Leitch. 121  
**Außenhandel**  
Der Außenhandel der Elektroindustrie. W. Hofmeier. 312  
**Ausstellungen und Messen**  
Deutsche Industrieausstellung 1951. 420  
Deutsche Industrie-Ausstellung Berlin 1951. E. Roessler. \*659  
Technische Messe Hannover 1951. 216  
Nachrichten aus der Industrie. \*269  
Die Elektrotechnik auf der Technischen Messe Hannover 1951. P. Brückner. \*399  
Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1951. B. Vollrath. \*231  
Die Funkausstellung. 96  
Die Elektrotechnik auf der Verkehrsausstellung „Schiene und Straße“. W. Prasse. \*629  
Thema X. 96, 478  
Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg. W. Kind. 546, 670  
Erfinder- und Neuheitenmesse. 320  
Deutsche Musikmesse 1951. 450  
Neues auf der Funktechnik-Ausstellung in New York. B. Wolfframm. 384  
Die Ausstellung der Physikalischen Gesellschaft, London. 420  
Eine Ausstellung auf Rädern. Nach C. P. Fisher. 450

**Backen**  
Bäckereiwirtschaft im Backprozeß. Nach A. Schuilenburg. 556

**Bahn- und -betrieb**  
Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881). Fr. Heintzenberg. \*349  
Entwicklung und Zukunftsaussichten der Eisenbahnen. Nach N. Gudmundsson. 154  
Zur Wahl v. Bahnstromsystemen: Rhein u. Ruhr u. Verbindungsstrecken nach Süddeutschland. H. Kother. \*43  
Neue elektrische Triebfahrzeuge für die Deutsche Bundesbahn. 504  
Neue elektr. Lokomotiven f. d. belgischen Bahnen. 58  
Bahnelektifiz. in Warschau. 91  
Elektrische Lokomotiven auf der Hannoverischen Messe. 270  
Die Hochspannungssteuerung bei Wechselstrom-Triebfahrzeugen. Nach M. v. Ondarza. 668  
Elektr. Gleichstrom-Rechentafel (Netzmodell der Französischen Staatsbahnen. Nach M. Bernard. 28  
Abschalten kleiner u. entfernt liegender Kurzschlüsse in Bahnanlagen. Nach P. Branchu. 27  
Dynamisches Verhalten v. Fahrleitung u. Stromabnehmer bei elektr. Hauptbahnen. Nach H. Nibler. 57  
50 Jahre Wuppertaler Schwebebahn. W. Koch. 139  
Die Entwicklung der Energieversorgung bei der Moskauer Untergrundbahn. Nach W. A. Tumanow, W. G. Gurwitsch u. E. I. Bykow. 317  
Elastische Einfachfahrleitung für Obus und Straßenbahnen. Nach M. Wittgenstein. 503  
Aufhebung der Feldschwächung bei Motoren im Straßenbahnbetrieb. Nach H. Hoppe. 389  
Beitrag zur Erdung von nicht schienengebundenen Stromverbrauchern in Bahnanlagen. P. Steglich. 169  
Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke. G. Lemcke. Fachb. 487

Die Ignitron-Lokomotive. Nach A. C. Monteith. 475  
Stromabnehmer mit Aluminiumschleifstück für Abraumbagger. 389  
Wechselstrom-Leuchtstofflampen für die New Yorker Untergrundbahn. Nach E. W. Boggs u. H. W. Graybrook. 584  
Anzeigevorrichtung für schadhafte Glühlampen bei Straßenbahnfahrzeugen. R. Wider. 682  
Eisenbahnfahrzeuge zur Kontrolle von Fahrleitungen. 557  
Lotarme Verbindungen zwischen Wicklung und Kommutator bei Bahnmotoren. Nach J. R. Reed. 554  
Polwenderegler für Modellbahnen. H. Thorey. 603

### Beleuchtung s. Lichttechnik

**Bergbau**  
Das fahrbare Umspannwerk der Kohlenbergwerke von Nordfrankreich und des Pas-de-Calais. Nach P. L. Robine. 313  
Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke. G. Lemcke. Fachb. 487  
Stromabnehmer mit Aluminiumschleifstück für Abraumbagger. 389  
Schutz gegen Berührungs- und Brandgefahr an elektrischen Anlagen unter Tage. Nach A. Stormanns. 586  
Unfallverhütung an Förderlokomotiven. 240  
Zusammenstoß als Folge abirrender Ströme in einem Braunkohlen-Abraumbetrieb. Nach E. Rauche. 668

**Berichtigungen.** 100, 159, 162  
**Beregnungsanlagen.** 91  
**Besprechungen** s. Abt. A III, Schrifttum  
**Berufsfragen** (s. a. Unterricht)  
Der Elektroing. in d. Wirtschaftswerbung. O. Vent. \*39  
**Betriebswirtschaft** s. Industrie

**Bimetal**

Das Thermobimetal mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung. H. Fahlenbrach. \*339

**Blindenleitgeräte**

Elektronische Blindleitgeräte. R. L. Beurle. 586

**Blindstrom**

Reihen Kondensatoren in einer 220 kV-Leitung (Schweden). 207

Blindstromkompensation bei Frequenz- u. Spannungsschwankungen im Drehstromnetz. H. Anschütz. \*137

**Blitz** s. Überspannung

**Brandbekämpfung** (s. a. Unfälle)

Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen. H. W. Schaepers. 257

**Buchbesprechungen** s. Abt. III, Schrifttum

**Chemie** s. Elektrochemie

**Dampfturbine** s. Turbinen

**Dauerwellen** mit UKW. 696

**Diktiergerät**

Ein Kleinst-Diktiergerät. 700

**Drähte** s. Leitungen

**Drosselspulen** (s. a. Theoret. Elektrotechn., Transformatoren, Funktechnik, Verstärker)

Magnetfeldstreuung an den Rändern von Luftspalten. F. Bergtold. \*111

Luftdrosselspulen zur Fehlerbegrenzung in Motorstromkreisen. Nach J. D. Leitch.

Erweiterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. Nach R. T. Beyer u. Ming-Yi Wei. 241

**Durchführung** s. Isolatoren

**Durchschlag**

(s. a. Physik, Theor. Elektrot.)

Berechnung der elektrischen Festigkeit von ungetränktem Kondensatorpapier. Nach W. T. Renne. 315

**Einheiten**

Memorandum über elektrische und magnetische Einheiten. O. Löbl. \*455

Zum Induktionsgesetz. R. W. Pohl u. F. Stöckmann. \*595

Zur Einführung des absoluten Ohms. Nach G. Zickner. 726

Größen- und Zahlenwertgleichungen in der Praxis. K. v. Sanden. \*609

**Eisenbahn** s. Bahn- u. -betrieb

**Elektrische Maschinen** (s. a. Bahn- u. -betrieb, Regelung, Steuerung, Maschinenantriebe)

**— Allgemeines**

Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter. F. Stier. 364, 710  
Elektromaschinen. E. Kübler. Fachb. 485

Elektrische Maschinen und Antriebe auf der Hannoverischen Messe. 269

Elektrische Maschinen mit neuem Ankersystem. Nach E. Astuni. 207

Konstantstrom-, Verstärker- und Regelmotoren für Gleichstrom (Metadyne, Amplidyne, Rototrol). E. Kübler. \*623

Unsymmetrische Drehstromwicklungen. C. v. Dobbeler. \*203

Drehstrom-Wendemaschinen mit Ankersehenspeisung. Nach J. Prá-sil. 181

Neues über den Bau von Metaumformern. Nach A. Carrer. 694

Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgekühlten Maschinen. Nach W. Leukert. Fachb. 485

Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen. F. Moldenhauer. Fachb. 485

Trocknung elektrischer Maschinen. 151

Spannungsproben an Maschinenwicklungen im Betrieb. Nach R. W. Wiesemann. 314

Ersatz-Kurzprüfzeit für elektrische Maschinen beim aussetzenden Betrieb (AB). M. Kloss. \*233, Brf. 235

Die Prüfung elektrischer Maschinen. W. Stockmayer. 691

Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräten). W. Mennerich. \*607

Herstellung von Preßstoffkommutatoren. 151

Neue Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Kollektoren. Nach M. Andres. 725

Das Gießen von Kurzschlußläuferkäfigen aus Aluminium. Nach J. Piguet. 84

Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg. W. Kind. 670

Olreiniger für Kühlöl von Werkzeugmaschinen. 670

**— Generatoren**

Die Schiefkast von Drehst.-Generatoren. H. Happoldt. \*6, B. 100

Zur Definition der Schiefkast von Drehstromgeneratoren. O. Löbl. \*229

Parallelbetrieb komputierter Drehstrom-Generatoren. H. Ott. 304

Auslegung v. Generatoren u. Transformatoren bei Blockbetrieb. K. H. Kyser. \*44

Ein bemerkenswerter Vertikal-Wasserkraftgenerator. Nach V. L. Koran. 695

Spannungsregelung v. Drehstromgeneratoren bei Stoßbelastung. Nach Harder, Cheek u. Clayton. 88

Frequenzstabilisierung von Wechselstromgeneratoren bei schwankender Antriebsdrehzahl. Nach G. G. Gould u. E. Krupotich. 121

Röhrenregulation von Generatoren. Nach Phillips, Lambert u. Pattison. 120

Stromerzeuger mit 19 000 U/min. 725

Leichtgewichtsrotoren für Turbogeneratoren. Nach T. de Koning. 694

200 000 Volt durch kleine elektrostatische Generatoren. Nach P. Hewardinquer. 695

**— Motoren**

Kurze oder lange Drehstrom-Asynchronmotoren? F. Weiß. 539

Steuern und Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyatronen. A. Grün. B. 162

Gleichrichtergespeiste Antriebsmotoren. Nach V. W. Press. 640

Der Anlauf des Einphasenmotors mit Widerstands-Hilfsphase. T. Schmitz. \*371

Rasche Drehrichtungs-umkehr kleiner Elektromotoren. 554

Drehmomentensattelungen, Störtöne und Rüttelkräfte bei Kurzschlußläufer-Motoren als Folge unzuweckmäßiger Läufernutenzahlen. A. Drehmann u. L. Lenninger. \*435

Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. Nach E. M. Sinelnikow u. G. S. Somichina. 315

Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. W. Treusch. 646

Aufhebung der Feldschwächung bei Motoren im Straßenbahnbetrieb. Nach H. Hoppe. 389

Bestimmung der Motornennleistung für den Antrieb von Riemenfallhämern. Nach H. Haller u. H. Geisel. 153

Motoren für schnellaufende Kreisel. Nach G. P. de Westfelt. 211

Meßmotor als Integrator u. Meßwandler. A. Schwarz. \*113

Stromabnehmer mit Aluminiumschleifstück für Abraumbagger. 389

Lotarme Verbindungen zwischen Wicklung und Kommutator bei Bahnmotoren. Nach J. R. Reed. 554

Ein Motorschutzrelais für Drehstrommotoren im aussetzenden Betrieb. H.-J. Schrader. \*634

Der Isotherm-Motorschutz. Nach E. Hopferwieser. 695

**Elektrizitätswerke** (s. a. Energiewirtschaft, Erdung, Überspannung, Schaltanlagen, Leitungen)

Aletschwerk. 613

Australien. 429

Berlin. 614

Bious-Wasserfall. 721

Dennison-Dam. 722

England. 118, 120, 151, 693

Frankreich. 721

Hoover Dam. 723

Indonesien. \*109

Irland. 303

Königswusterhausen. 722

Loch Sloy. 501

Moss Landing. 637

Niederlande. 529

Osborne-„B“. 722

Ossau-Tal. 721

Osterreich. 411

Ribagorzana. \*406

Rußland. 120

Schottland. 693

Schweden. 151

Skopje. 471

Venezuela. \*10

Wallis. 613

**— Werke**

Einige Fragen neuzeitlicher Kraftwerksplanung. H. Voigt. \*305

B. 426

Kraftwerksplanung im Hinblick auf Reserveleistung. Nach M. J. Steinberg. 119

Randbemerkungen zur amerikanischen Kraftwerks-Betriebspraxis. Nach M. Stegemann. 385

Kraftwerkpläne in Frankreich. 721

Auslegung v. Generatoren u. Transformatoren bei Blockbetrieb. K. H. Kyser. \*44

Synchron- u. gleichfalls Asynchronmotoren in großen Dampfkraftwerken? Nach F. Gropp. 114

Erosions- u. Korrosionsschäden bei schweren Heizölen als Brennstoff. Nach B. Engel. 128

Gasturbinen für Kraftwerke. K. Leist. \*331, B. 454

Starkstromerzeugung durch Windmotoren. M. Kloss. 201

Luftelektrische Anlage mittlerer Leistung mit Pumpwasserspeicherung. Nach R. Vezzani. 553



- Die Windkraftanlage im Berliner Zoo. G. König f. 614
- Neuartige Bedienung von Kohlenlagerplätzen. Nach W. Franke. 314
- Die niederländischen Elektrizitätswerke. Nach J. C. van Staveren. 529
- Entwicklung der englischen Kraftwerke 1949/50. 151
- Wasserkraftentwicklung in Schottland. Nach J. Williamson. 693
- Torkraftwerke in Irland. 303
- Neue Wasserkraftwerke in Indonesien. J. Stieger. \*109
- Das Aletschwerk in Wallis. 613
- Ausbau der Wasserkraft in Königswusterhausen. Nach A. Schönbach. 722
- Siemotoren-Kraftwerk. Nach A. P. Armagnac. 385
- Stourport-„B“-Kraftwerk. 120
- Die Baukonstruktionen des Osborne-„B“-Kraftwerks. 722
- Krafterzeugung in Quecksilberdampf-Kraftwerken. Nach H. N. Hackett. 665
- Die neue Schiller-Station, ein vollständiges Quecksilberdampf-Kraftwerk. Nach N. Hackett. 118
- Das Loch Sloy-Kraftwerk in Betrieb. 501
- Der Vollausbau der Wasserkraft des Ossau-Tales und des Bious-Wasserfalles. Nach M. H. Chamayou. 721
- Neue Maschinensätze in der Dennison-Dam-Anlage. 722
- Ein bemerkenswerter Vertikal-Wasserkraftgenerator. Nach V. L. Koran. 695
- 100 MW-Einheit im Dampfkraftwerk Moss Landing. 637
- Dampfkraftwerk Skopje. Nach E. Höfler. 471
- Das fahrbare Umspannwerk der Kohlenbergwerke von Nordfrankreich und des Pas-de-Calais. Nach P. L. Robine. 313
- Kritische Bemerkungen zu den letzten Strompreiserhöhungen. L. Moldenhauer. 722
- Kostenechte Preise in der elektrischen Energieabtwirtschaft. Nach J. Muthig. 693, 701
- Zur Bundesstatistik der österreichischen Elektrizitätswirtschaft. N. Töply. 693
- Arbeitsgemeinschaft Energie. 702
- Geoelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern. V. Fritsch. 717
- Ein Weg zur Finanzierung von Kraftwerksbauten. Nach K. Magerl. 202
- **Netze**
- Schaltanlagen und Netze. R. Mestermann. Fachb. 485
- Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen. Fr. Stiegler. 363
- Der Hauptlastverteiler der Verbundgesellschaft. 613
- Ermittlung v. Fehlbedarfs- u. Überschußenergien. Nach Stephenson. 55
- Prognosen der künftigen Elektrizitätsverwertung. 501
- Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung. G. Markt. Brf. 129
- J. Biermanns. Brf. 130.
- Die Energieübertragung mit 400 kV-Drehstrom über vier Leiter. Nach J. R. Mortlock. 441
- Energietransport über parallelgeschaltete Leitungen. Nach W. Erbacher. 530
- Über zusätzliche Verluste beim Parallelbetrieb von Leitungen. Nach F. Schär. 237
- Wirtschaftlicher Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen zur Stabilisierung der Kraftübertragung über große Entfernungen. Nach J. Herlitz u. N. Knudsen. 471
- Sekundärnetze: Kosten des Hauptsystems. Nach N. M. Neagle u. R. W. Swarthout. 181
- Das europäische Hochspannungsnetz und der italienische Standpunkt. 181
- Verbundnetze in den USA u. in Westeuropa. H. F. Mueller. 24
- Osterreichs Wasserkraft im Ausbau. Nach G. Markt. 411
- Ausbau des britischen Hochspannungsnetzes. 693
- Schwedische Wasserkraft — ein Rückblick und Ausblick. Nach E. A. E. Blomqvist. 151
- Die Elektrifizierung der Sowjetunion. Graßmann. 383
- Großwasserkraft am Wolga-Knie. C. Both. 120
- Elektrifizierung von Venezuela. O. A. Ganql. \*10
- Die kraftwirtschaftliche Ausbeutung des Ribagorzana-Gewässersystems. P. Leuthold. 406
- Die Elektrizitätsversorgung des Staates Victoria in Australien. G. K. M. Pfestorf. 429
- Bezeichnung und Betriebsweise von Überspannungsableitern. Nach H. F. Jones u. C. J. O. Garrard. 314
- Reihen Kondensatoren in einer 220 kV-Leitung (Schweden). 207
- Blindstromkompensation bei Frequenz- u. Spannungsschwankungen im Drehstromnetz. H. Anschütz. \*137
- Verhalten von Selektivschutzeinrichtungen bei Pendelungen. A. The-walt. \*20
- Über bemerkenswerte Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen. Nach Ch. Bresson. 723
- Abschalten kleiner und entfernt liegender Kurzschlüsse in Bahnanlagen. Nach P. Branchu. 27
- Über die Lastabschaltung mit Trennschaltern. Nach H. Manzinger. 88
- Zweileistungsschalter z. Verringerung d. Energiebedarfes v. Haushaltsabnehmern z. Zeit d. Netzhöchstlast. Nach R. Bresson. 87
- Leistungsverminderung b. Netzhöchstlast. Nach E. Védère. 87
- Aufbau und Anwendung des österreichischen Netzmodelles. Nach W. Erbacher. 208
- Elektr. Gleichstrom-Rechentafel (Netzmodell) der Französ. Staatsbahnen. Nach M. Bernard. 28
- Ein neuer Fernleitungs-Rechenschieber. H. Prinz. \*685
- Oberwellenmessungen an einem mitteldeutschen Hoch- und Mittelspannungsnetz. Nach R. Wapper. 208
- Ortsbestimmung von Erdschlüssen auf Hochspannungs-Fernleitungen. Nach L. R. Spaulding u. C. C. Diamond. 555
- Das Verhalten der Höchstspannungs-Übertragungsleitungen Hoover Dam-Los Angeles bei Gewittern. Nach E. W. Rockwell, C. Low-erison u. C. P. Garman. 723
- Neuartiges Verkabelungssystem. Nach J. S. Parsons u. J. J. Stein. 724
- Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. Nach P. Minder. 530
- Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse. W. Blum. Fachb. 490
- Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen. Curion. Fachb. 489
- Entwicklungsrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung. A. Dennhardt. Fachb. 489
- UKW-Funksprechanlagen bei den EVU. 320
- Gas- oder Elektrowärmeversorgung d. Haushaltes? H. Solling. \*13
- Die Bedeutung des Kohleverbrauches bei der Frage: Gas- oder Elektrowärme im Haushalt. H. Solling. \*544.
- Der Elektroingenieur in d. Wirtschaftswerbung. O. Vent. \*39
- Public Relation — Öffentl. Meinungspflege. Nach O. Vent. 96
- Auftauen gefrorenen Bodens mit Hochfrequenz. Nach P. G. Zehnel. 56
- Die Investitionsvorhaben der polnischen Elektrizitätswirtschaft. C. Poralla. 244
- Elektrochemie**
- Die Anwendung elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie. F. Walter. Fachb. 488
- Die elektrolytische Abscheidung von Legierungen. Nach E. Raub. 391
- Peroxydbestimmung während der künstlichen Alterung von Isolierölen mit Kupferkatalyt. Nach M. Zürcher u. J. Lüder. 183
- Die Kennlinien der Blei- und Stahlakkumulatoren und ihre Auswertung in den wichtigsten Anwendungsgebieten. Nach K. Gries. 444
- Neue hochbelastbare Luftsauerstoff-Elemente. 444
- Magnesiumanoden zum Schutz von Olleitungen. 339
- Elektroindustrie** s. Industrie
- Elektrolyse** (s. a. Elektrochemie)
- Elektrolytisches Polieren. 183
- Elektronenmikroskop** s. Elektronenoptik
- Elektronenoptik**
- Die Sichtbarmachung von Molekülen und Atomen im Feldelektronenmikroskop. H. Wagenfeld. 236
- Permanentmagnetisches Elektronenmikroskop. Nach J. H. Reisner u. S. M. Zollers. 316
- Ein vereinfachtes Elektronenmikroskop. W. Theimer. 449
- Neue Elektronenschleuder in Karlsruhe. 420
- Elektronenoptische Untersuchung der Raumladung in einem Magnetron. Nach D. L. Deverdin. 588

- Ein Weg zur Röntgenstrahlen-Mikroskopie. Nach P. Kirkpatrick. 560
- Ultraschall-Mikroskop. 417
- Elektrostatisches Spritzlackieren** und Tropfenabziehen. Nach F. Bollenrath. 157
- Elektronenröhren** s. Röhren
- Elektronik** s. Elektronenoptik, Funktechnik, Physik, Röhren, Steuerung
- Elektrowärme** s. Wärmetechnik
- Die Kennlinien der Blei- und Stahlakkumulatoren und ihre Auswertung in den wichtigsten Anwendungsgebieten. Nach K. Gries. 444
- Neue hochbelastbare Luftsauerstoff-Elemente. 444
- Neubearbeitung der VDE-Vorschriften für Akkumulatoren „VDE 0510“. M. Pöhler. 310
- „Elt“
- „Die Elt“? Nach G. Gremminger. 216
- Empfänger** s. Funktechnik
- Energiewirtschaft**
- Arbeitsgemeinschaft Energie. 702
- Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft. H. F. Mueller. \*340
- Das Monopolproblem in der Energiewirtschaft. F. List. 310
- Gas- oder Elektrowärmeversorgung des Haushaltes? H. Solling. \*13
- Die Bedeutung des Kohleverbrauches bei der Frage: Gas- oder Elektrowärme im Haushalt. H. Solling. \*544
- Die Jahresversammlung der Gesellschaft für Praktische Energiekunde e. V. F. List. 645
4. Arbeitstagung d. Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln über Ordnungsprobleme sowie Zeit- und Betriebsvergleich in der Energiewirtschaft. P. Niemann. 393
- Die IV. Weltkraftkonferenz London 1950. E. Schulze. 144
- Der Hauptlastverteiler der Verbundgesellschaft. 613
- Zur Bundesstatistik der österreichischen Elektrizitätswirtschaft. N. Töply. 693
- Wirtschaftlicher Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen zur Stabilisierung der Kraftübertragung über große Entfernungen. Nach J. Herlitz u. N. Knudsen. 471
- Fragen der künftigen Elektrizitätsverwertung. 501
- Entwicklungstendenzen der Energiewirtschaft in Ostdeutschland. Nach H. Schlicke. 87
- Entwicklung der englischen Elektrizitätswirtschaft. A. Graßmann. 311
- Stromsorgen der amerikanischen Aluminium-Industrie. Nach G. A. Baudart. 553
- Die Elektrifizierung der Sowjetunion. Graßmann. 383
- Die Investitionsvorhaben der polnischen Elektrizitätswirtschaft. C. Poralla. 244
- Die Elektrizitätsverbesserung des Staates Victoria in Australien. G. K. M. Pfestorf. 429
- Kostenechte Preise in der elektrischen Energieabsatzwirtschaft. Nach J. Muthig. 693, 701
- Kritische Bemerkungen zu den letzten Strompreiserhöhungen L. Moldenhauer. 722
- Rationelle Energiewirtschaft durch verminderte Lagerreibung. Nach Vogelwohl. 128
- Entstörung** s. a. Fernsprechtechnik, Funktechnik, Techn. Akustik
- Funkentstörung. W. Scholz. Fachb. 490
- Die Beeinflussung der Strom- und Spannungsgrundwelle einer Zündanlage durch Entstörwiderstände im Zündkreis. H. Mackh. \*375
- Erdung** (s. a. Überspannungen, Elektrizitätswerke)
- Die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten. W. Koch. \*651
- Geoelektrische Untersuchungen in der Blitzschutztechnik. Nach V. Fritsch. 313
- Magnesiumanoden zum Schutz von Leitungen. 339
- Beitrag zur Erdung von nicht schienengebundenen Stromverbrauchern in Bahnanlagen. P. Steglich. 169
- Geoelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern. V. Fritsch. 717
- Erosion** s. Korrosion
- Fabrikation** s. Industrie
- Fachberichte** a. d. Jahresversammlung d. VDE 1951. 485
- Fahrzeuge** s. Verkehrstechnik, Bahnbau
- Fernleitungen** s. Leitungen, Elektrizitätswerke / Netze
- Fernmeldetechnik** (s. a. Fernsprech-, Fernschreib-, Fernseh-, Funktechnik)
- Die Technik der menschlichen Mitteilung. V. Aschoff. \*140
- Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen. K. Küpfmüller. \*495
- Drahtfernmeldetechnik. H. Düll. Fachb. 490
- Drahtfernmeldetechnik. H. Schönfeld. Fachb. 491
- Nachrichtentechnik. R. Feldtkeller. \*365
- Bemerkungen zur Strahlergruppentechnik. S. Sawade. 720
- Entwicklungsrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung. A. Denhardt. Fachb. 489
- Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen. W. Bader. Fachb. 489
- Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. Nach P. Minder. 530
- Fernmeldetechnik auf der Hannoverischen Messe. 284
- Signal- und Alarmanlagen. G. H. Nestmann. \*249
- Zentralgesteuerte Straßenverkehrs-Signalanlagen. Nach R. Müller. 504
- Neuartige Feuermelder. Nach M. A. Soulier. 445
- Das magnetische Gedächtnis. Nach H. J. Williams u. W. Shockley. 504
- Magnetische Kippkreise. Nach A. N. Wang. 213
- Eine neue Bauart von Personensuchanlagen. Nach A. Trägardh. 557
- Gleichzeitige Modelung einer Trägerwelle in Amplitude u. Frequenz. Nach F. Kirschstein. 54
- Automatische Großrechenmaschinen. H. Athen. \*518
- Der Siemens-Hell-Blattschreiber. R. Zimmermann. Fachb. 491
- Ein englisch-dänischer Telegraphenkabel. 389
- Fernmeldeleitungen mit Neoprenmantel. Nach C. C. Lawson. 638
- Das allgemeine Leistungsdiagramm des aktiven Zweipols (Anpassungsdiagramm). H. Wingler. 655
- Fernmeßtechnik** s. Meßtechnik
- Fernschreiben**
- Deutsch. Fernschreibnetz. 94
- Der Siemens-Hell-Blattschreiber. R. Zimmermann. Fachb. 491
- Neue Fernschreibverbindung zwischen England und Dänemark. 156
- Die Sammelverbindungen im Fernschreibverkehr. E. Roßberg. \*67
- Fernsehen**
- Erste deutsche Fernsehstrecke. 450
- Fernsehversuchsendungen im NWDR. W. Nestel. \*346
- Fernsehübertragungsversuche der Deutschen Bundespost. 504
- Neue deutsche Fernsendeder. 728
- Amerikanisches Fernsehen in Berlin. E. Roessler. 728
- Strato-Vision in der Schweiz. Nach W. Kuentz. 699
- Farbfernsehen in den USA. E. Schwartz. \*431
- Grundlagen und Anwendungen der Farbschrittröhren. Nach P. G. Violet. 416
- Elektrische Farbfilter. Nach V. A. Babits u. H. F. Hicks. 319
- Stereoskopisches Fernsehen. Nach H. R. Johnston, C. H. Hermandson u. L. Hull. 699
- Neue Methode für den Fernseh-Gleichwellenbetrieb. Nach K. Tetzner. 28
- Einfluß des übertragenen Frequenzbandes auf die Güte des Fernsehbildes. Nach T. Schunack. 126
- Kellfaktor u. Bildauflösung bei Fernsehensendungen. Nach E. Schwartz. 93
- Doppelnormen für Fernsehraster. 699
- Die Ablenktechnik des Fernsehens. R. UrteI. Fachb. 492
- Sättigung der Fluoreszenz in Fernsehempfangsröhren. Nach A. Brill u. F. A. Kröger. 639
- Das Vidicon, eine Fernsehkamera-Röhre. Nach Weimer, Forgue u. Goodrich. 59
- Ladungs-Bildspeicherröhren mit Speichergitter. Nach M. Knoll u. J. Bandmer. 317
- Meßgeräte für Fernsehempfänger. R. Bredtner. Fachb. 492
- Fernsprechtechnik** (s. a. Techn. Akustik, Funktechnik, Verstärker)
- Nachrichtentechnik. R. Feldtkeller. \*365
- Fernsprechtechnik auf der Hannoverischen Messe. 284
- Die Lösungswege in der Fernwähl-Vermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade. A. Mehli. Fachb. 491
- Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwählnetz. M. Hebel. Fachb. 491
- Zentrale Wählerfernsteuerung nach dem Impulsintervallverfahren. F. Nolte. \*354
- Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung. A. de Quervain. Fachb. 489

- Zweckmäßigste Entwicklung der Fernsprech-Wählertechnik. Nach M. Langer. 183
- Wechselstrom-Impulsbetrieb zum Herstellen von Fernverbindungen im amerikanischen Fernsprechnetz. Nach C. A. Dahlbom, A. W. Horton jr. u. D. L. Moody. 154
- Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetzgruppe. P. Oehlen. Fachb. 491
- Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetz. D. Thierbach. Fachb. 490
- Horzeichen im Fernsprech-Wahlverkehr. Nach R. Führer. 641
- Untersuchungen an Nummernschaltern. Nach E. W. Anderfuhren, W. Peter u. H. Künzler. 698
- Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funkspruchverkehrs. W. Klopfer. Fachb. 492
- Erweiterungen im Fernsprechnetz der USA-Westküste. Nach Cone u. Fowler. 92
- Bewegliche Fernsprech-Teilnehmerstellen (Straßenbahn). 125
- Ein Seekabel mit Unterwasser-Verstärkern. Nach J. J. Gilbert. 697, 727
- Neuartige Isolierung für Fernsprech-, Tf- und Hf-Kabel und -leitungen. F. Heitzmann. Fachb. 491
- „Lepeth“-Mantel für Fernsprechkabel. Nach E. J. Larsen u. R. B. Farrell. 557
- Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und zum Speisen von Telephoniegeräten. P. Böning. Fachb. 494
- Magnetkerne aus dünnem Band, isoliert durch Kataphorese. Nach H. L. B. Gould. 94
- Der phonetische Steno-Sonograph. Nach E. W. Anderfuhren, W. Peter u. H. Künzler. 698
- Ein Kleinst-Diktiergerät. 700
- Fertigung s. Industrie**
- Filmtechnik**
- Neue Lichtquellen für den Farbfilm. 388
- Objektive Messung von Störstellen in der Tonspur von Tonfilmen. Nach H. H. Rust u. C. Hartmann. 446
- Ein elektronisch gesteuerter Röntgen-Filmaufnahmeapparat. Nach V. Quittner. 447
- Fördereinrichtungen** (s. a. Bergbau, Bahnbau, Maschinenantriebe)
- Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördereinrichtungen für Bergwerke. G. Lemcke. Fachb. 487
- Forschung** (s. a. Wissenschaft, Unterricht)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft. 588
- Zweiter Jahresbericht der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft. 618
- Freileitungen s. Leitungen**
- Funktechnik** (s. a. Fernmeldetechnik, Fernsprechtechnik, Meßtechnik, Röhren, Verstärker, Fernsehen)
- Nachrichtentechnik. R. Feldtkeller. \*365
- Hochfrequenztechnik H. H. Meinke. Fachb. 491
- Hochfrequenztechnik. G. Leithäuser. Fachb. 492
- Hochfrequenztechnik. F. W. Gundlach. Fachb. 492
- Fortschritte d. Funktechnik (USA.) 58
- Neues auf der Funktechnik-Ausstellung in New York. B. Wolfram. 384
- **Wellenausbreitung**
- Zur Strahlung von Freileitungen. Nach M. Jensen. 76
- Zur Theorie der Beugung elektromagnetischer Wellen. Nach H. Severin. 506
- Über die zeitliche Konstanz der Eigenschaften von Trägerfrequenz. Nach G. Reuschenbach und R. Schmidt. 615
- Hyperbel-Navigation in Deutschland. E. Roessler. \*576
- Neues Luft- und Seefahrt-Funknavigationssystem für Mitteleuropa. 320
- Probleme und Leistungen des Schiffsradars. Nach W. Peters. 446
- Radar im Antwerpener Hafen. 417
- Richtstrahltechnik. 517
- Planung von Richtfunkverbindungen. K. O. Schmidt u. B. Werrmann. Fachb. 492
- Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation. B. Holzwarth u. G. Ulbricht. Fachb. 493
- Millimeterwellen. Nach J. R. Pierce. 726
- **Funkmeßtechnik**
- Neueres aus der Höchsthochfrequenz-Meßtechnik der USA. H. H. Meinke. Fachb. 492
- Neues Verfahren zur Messung der Hochfrequenz-Wirkleistung bei selbst erregten Sendern. F. Alf. \*541
- Messungen von Koronaverlust und Rundfunkstörungen an einer 500 kV-Versuchsanlage in Tidd (Nordamerika). Nach Ph. Sporn u. A. C. Monteith. 412
- Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz. H. Wechsung. Fachb. 493
- Eine subjektive Meßmethode für hochfrequente Störgeräusche. Nach H. A. Thomas. 558
- Eine Breitband-Mikrowellen-Rauschquelle. Nach W. M. Mumford. 28
- Ein Resonanzverfahren zur Messung der Impedanz bei ultrakurzen Wellen. Nach A. Haug. 559
- Lastanpassung an Hochfrequenzgeneratoren. Nach R. H. Hagopian. 616
- Funktentstörung. W. Scholz. Fachb. 490
- Funk-Entstörung u. Elektroindustrie. F. Carqué. \*7
- Funk-Entstörung von Maschinen, Geräten u. Anlagen. W. Mennerich. \*9
- Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräten). W. Mennerich. \*607
- Zur Frage der Weiterentwicklung des Problems der Funkbeeinflussung. Stellungnahme zum HF-Gesetz. Nach A. Dennyhardt und K. Sachs. 586
- Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte. W. Keibel. Fachb. 490
- Reichweite der Zündentstörung von Kraftfahrzeugen. K. Volk. Fachb. 490
- **Antennen**
- Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunkanlagen. W. Berndt, H. Bosse u. W. Klopfer. Fachb. 493
- **Sender**
- Neuere Entwicklungen der Rundfunksendetechnik. J. Peters. Fachb. 491
- Die Stromversorgung von Großsendern. Nach H. Kropp. 475
- Luftgekühlte Variometer für fahrbare Kurzwellensender. W. Schirp. \*171
- Programmeter. Nach K. Tetzner. 445
- Entwurf von selbsttätigen Programmwählern in Sendernetzen. Nach H. B. Rantzen, F. A. Peachy u. C. Gunn-Russell. 642
- Der neue frequenzmodulierte 10 kW-UKW-Rundfunksender des NWDR in Hamburg. H. Schützendübel. B. 162
- RIAS — 20 kV-Kurzwellensender. 478
- Besserer Rundfunkempfang in Oldenburg. 128
- Besserer Empfang in Nordbaden. 216
- Neuartige deutsche UKW-Strahler. 698
- Neuer UKW-Sender des Süddeutschen Rundfunks. 186
- Deutscher UKW-Sender in Finnland. 158
- Der „Transponent“ und ein 25 g schwerer Rundfunkempfänger. 700
- Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funkspruchverkehrs. W. Klopfer. Fachb. 492
- Halbautomatische Morsetasten. Nach H. Kothhoff. 641
- **Empfänger**
- Superhet mit Germanium-Dioden. 158
- Sicherungseinrichtung für Rundfunkröhren. H. Marsiske. 476
- Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern bei Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren. A. Nowak. Fachb. 490
- Neue Art des Rundfunkempfanges. H. Marsiske. 268
- „Neue Art des Rundfunkempfanges“ realisierbar? W. Köpp. 500
- **Einzelgeräte**
- Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet. K. Schmid. Fachb. 492
- Gezüchtete Quarzkristalle. Nach A. C. Walker. 644
- Physikalische Erklärung des Dreielektrodenkristalls und dessen moderne Anwendung. H. Fark. 690
- Über die Anwendung von Germaniumdioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme. Nach H. Salow. 727
- Ein Kristallverstärker mit hohem Eingangswiderstand (Fieldistor). Nach O. M. Stützer. 154
- Frequenz- und Amplitudenkonstanz des kathodengekoppelten Oszillators. Nach P. G. Sulzer. 212
- Ein neuer Breitband-Hochfrequenzoszillator. Nach O. Heil u. J. J. Ebers. 213
- Eine neue Mikrowellentriode; konstruktive Einzelheiten. Nach J. A. Morton u. R. M. Ryder. 616
- Neue Mikrowellentriode als Modulator und Verstärker. Nach A. E. Bowen u. W. W. Mumford. 696
- Der Elektronenkoppler. Nach C. L. Cuccia u. J. S. Donal. 184



- Eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung. H. Kleinwächter. 714
- Sekundärelektronenvervielfacher und ihre technische Bedeutung. Nach K. Nentwig. 558
- Ein 500 kV-Linearbeschleuniger mit Selengleichrichtern. Nach W. R. Arnold. 583
- Neue Elektronenschleuder in Karlsruhe. 420
- Konstruktionshinweise für kleine Zyklotrons. 185
- Konstruktiver Aufbau von NF-Verstärkern für Studioeinrichtungen. H. Schiesser u. H. Gathmann. \*523
- Neue Aufbauweise tonfrequenter Betriebseinrichtungen. Nach A. Luniak. 390
- UKW-Funksprachverbindungen. 320
- UKW-Funksprechanlagen bei den EVU. 320
- UKW-Funknetz der Berliner Polizei. 30
- Der 100. FM-Polizeifunkwagen in Westberlin. 216
- Funkverkehr mit Autotaxen. 93
- Elektronische Blindleitgeräte. R. L. Beurle. 586
- Der „Flotor“, ein neues Schaltelement. Nach J. L. Arends. 698
- **Verschiedenes**
- Eine Multiplexanordnung mit hoher Trägerstabilität und geringer Störanfälligkeit. Nach F. S. Beale. 415
- Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen aus Gleichstrom. Nach T. J. Douma. 156
- Ultrakurzwellen-Gasentladungen. Nach M. A. Biondi. 642
- Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung. A. de Quervain. Fachb. 489
- Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnet. D. Thierbach. Fachb. 490
- Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetgruppe. P. Oehlen. Fachb. 491
- Selektive Erzeugung, Verstärkung oder Sperrung von Wechselspannungen ohne Schwingkreis. Nach B. Pieplow. 155
- Die Verwandlung elektromagnetischer Energie höchster Frequenz in Wärme. Nach C. Calosi. 503
- Elektronisches Gerät für statistische Auswertung. 186
- Die Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten. Nach V. G. Hopptroff u. G. I. R. Rosevear. 209
- Neuartige Isolierung für Fernsprecht-, Tf- und Hf-Kabel und -leitungen. F. Heitzmann. Fachb. 491
- Gasturbinen**
- Gasturbinen für Kraftwerke. K. Leist. \*331, B. 454
- Glas** (s. a. Isolierstoffe)
- Elektr. Glasbearbeitung. Düsing. 30
- Generatoren** s. Elektr. Maschinen
- Geschichte**
- 125 Jahre Elektromagnet. O. Mahr. 59
- Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881). Fr. Heintzenberg. \*349
- Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft.** H. F. Mueller. \*340
- 50 Jahre Wuppertaler Schwebebahn. W. Koch. 139
- Jubiläum der Lichttechnik. 124
- Gleichrichter** s. Stromrichter
- Glockengeläut**
- Elektrisches Glockengeläut. 213
- Elektroakustisch-stereophonisches Glockengeläut. 320
- Glühlampe** s. Lichttechnik
- Halbleiter** (s. a. Funktechnik, Physik)
- Halbleiter mit Ionen gesteuerter Wertigkeit. Nach E. J. W. Verwey, P. W. Haaijman, F. C. Romeijn u. G. W. v. Oosterhout. 157
- Hochfrequenztechnik** s. Funktechnik, Physik, Fernmeldetechnik, Fernsprechtechnik, Fernschreibtechnik, Fernsehen
- Hochschulen** (s. a. Unterricht und Abt. A II, Persönliches)
- Vertreter der Elektrotechnik an den deutschen Technischen Hochschulen. 84, B. 162
- Hochspannungstechnik** s. Elektrizitätswerke, Erdung, Isolatoren, Meßtechnik, Schaltanlagen, Transformatoren, Überspannungen, Theoretische Elektrotechnik
- Hörhilfen** s. Techn. Akustik
- Industrie**
- Deutsche Industrie-Ausstellung Berlin 1951. E. Roessler. \*659
- Nachrichten aus der Industrie. \*269
- Industrielle Anwendungen. L. Leberrecht. 368
- Statistische Methoden in der Elektroindustrie. U. Graf u. K. Roewer. \*1
- Statistische Fabrikationskontrolle. Nach M. P. Geppert. 701
- Automat. Qualitätsüberwachung bei der Serienproduktion. Nach T. R. Hand u. C. J. Falk. 29
- Amerikan. Ausbildungsmethoden in der Industrie. 127
- Mensch und Arbeit im technischen Zeitalter. W. Tegtmeier. 392
- Neues Hochspannungslaboratorium. Nach J. H. Hagenth. 583
- Deutsche Forschungsgemeinschaft. 588
- Praktikum in Frankreich. 320
- Die wichtigsten Absatzgebiete für elektrotechnische Erzeugnisse. E. Stein. 377
- Der Außenhandel der Elektroindustrie. W. Hofmeier. 312
- Berliner Elektrozahlen. 470, 534, 588
- Entwicklung und Stand der West-Berliner Elektroindustrie. W. Holtz. 179
- Hannover und die Elektrotechnik. K. H. H. H. 328
- Stromsorgen der amerikanischen Aluminium-Industrie. Nach G. A. Baudart. 553
- Fortschritte der spanischen Elektroindustrie. 216
- Das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk von Nordrhein-Westfalen. Nach K. Krekeler. 645
- AEG-Hauptverwaltung im neuen Gebäude. 62
- AEG in Frankfurter Hochhaus. 450
- Veränderungen bei Philips. 420
- Neue Schallplattenfirma. 62
- Zweite Glasschmelzwanne bei Osram. 216
- Neue Fabrik der Dr. Beck & Co. 450
- Gießen von Kurzschlußläufer-Käfigen aus Aluminium. 84
- Neuartige Bedienung von Kohlenlagerplätzen. Nach W. Franke. 314
- Funk-Entstörung u. Elektroindustrie. F. Carqué. \*7
- Die Lärmbekämpfung in Betriebsräumen. Nach W. Furrer, A. Lauber u. P. H. Werner. 646
- Elektrische Installation in einer chemischen Fabrik. Nach N. H. Henkel. 701
- Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen. H. W. Schaepers. 257
- Installation** (s. a. Schaltgeräte)
- Vinidurrohre zur elektrischen Installation. Nach E. Raudith. 477
- Elektrische Installation in einer chemischen Fabrik. Nach N. H. Henkel. 701
- Neuartiges Verkabelungssystem. Nach J. S. Parsons u. J. J. Stein. 724
- Institute** (s. a. Prüftechnik, Unterricht)
- Kunststoff-Institut in Aachen. 30
- Das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk von Nordrhein-Westfalen. Nach K. Krekeler. 645
- Isolatoren**
- Isolatoren. P. Böning. Fachb. 487
- Isolatoren auf der Hannoverschen Messe. 282
- 220 kV-Kondensatordurchführung mit Öl-Papier-Dielektrikum. Nach B. Dilgen. 153
- Groß-Porzellanstützer mit abgeschmolzenem Innenraum für Hochspannungsanlagen. K. Schaudinn. Fachb. 487
- Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraum-Isolatoren. H. Läßle. Fachb. 487
- Durchschlagbare od. nichtdurchschlagbare Isolat. f. Hoch- u. Höchstspg.? Nach F. Obenaus. 88
- Thermische Untersuchungen an Isolatoren großer Abmessungen. Nach P. Schnepf u. L. Gion. 122
- Die Isolationsbemessung als Problem des Schaltanlagenbaues. K. Reiske. \*105
- Neue Trockenisolation für Meßwandler. 88
- Auslenkungen von Isolatorenketten. Nach M. P. Fayoux. 554
- Die Entionisationsdauer bei Lichtbogenüberschlägen in Isolatoren. Nach A. C. Boisseau, B. W. Wyman u. W. F. Skeats. 472
- Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung. H. Dorn. Fachb. 487
- Isolierstoffe**
- Entwurf neuer „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“ (VDE 0111). R. Elsner. \*662
- Die Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen. W. Knapp. \*224
- Über die Gasfestigkeit von Isolierölen im elektrischen Feld. Th. Wörner. \*656
- Die Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten. Nach V. G. Hopptroff u. G. I. R. Rosevear. 209
- Pressen oder Preßspritzen von Isolierstoffteilen. H. Draeger u. H. Scheuß. 683

- Die Ermittlung der Verschleißfestigkeit von Lackdrähten. F. Polenz. 551
- Berechnung der elektrischen Festigkeit von ungetränktem Kondensatorpapier. Nach W. T. Renne. 315
- Elektr. Feinmessung an Kunststoffen. Nach Th. Gast. 90
- Dielektr. Eigenschaften u. physikal. Trocknungsbedingungen bei Ollackfilmen. Nach W. M. H. Schulze. 61
- Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. L. Maurer. 353
- Peroxybestimmung während der künstlichen Alterung von Isolierölen mit Kupferkatalyt. Nach M. Zürcher u. J. Lüder. 183
- Heißspritzen von Polyethylen. Nach J. A. Neumann. 61
- Eine neue wärmebeständige Isolation auf Asbestbasis. Nach M. Egolf. 670
- Messung der Brennbarkeit an dünnen Folien und Geweben. Nach J. R. Blegen. 670
- Jahresversammlungen** s. Tagungen und Abt. A II, Persönliches
- Jubiläen** (s. a. Abt. A II, Persönliches)
- 50 Jahre Essener Ingenieurschule. 128
- 50 Jahre Wuppertaler Schwebebahn. W. Koch. 139
- Kabel** s. Leitungen
- Kältetechnik** s. Wärmetechnik
- Kataphorese** s. Magnetismus
- Kathodenstrahloszillograph** s. Meßtechnik, Funktechnik, Röhren
- Keramik** (s. a. Isolatoren, Isolierstoffe, Kondensatoren, Werkstoffe)
- Anwendungsgrenzen von Keramik- u. Harzpreßteilen in der Elektrotechnik, insbesondere im Niederspannungs-Schaltgerätebau. H. Franken. \*133
- Keramische Kondensatoren mit extrem hoher Dielektrizitätskonstante. H. Rückert u. H. Capitain. 266
- Anwendungsgebiete für Hochfrequenz-Heizung in der Keramik. 389
- Kochplatten** s. Wärmetechnik
- Kollektoren** s. Kommutatoren, Elektr. Maschinen
- Kommutatoren** (s. a. Elektr. Maschinen)
- Herstellung von Preßstoffkommutatoren. 151
- Neue Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Kollektoren. Nach M. Andres. 725
- Kondensatoren**
- Kondensatoren auf der Hannoverschen Messe. 281
- Einfluß der Betriebsbedingungen auf d. Bau von Kondensatoren. Nach Bennett u. Gough. 86
- Lebensdauerversuche an Kondensatoren. Nach H. Kromann Kristensen. 696
- Keramische Kondensatoren mit extrem hoher Dielektrizitätskonstante. H. Rückert u. H. Capitain. 266
- Berechnung der elektrischen Festigkeit von ungetränktem Kondensatorpapier. Nach W. T. Renne. 315
- Hochvakuum-Imprägnieranlage** für Kondensatoren. 316
- Die Verbesserung des Kondensator-dielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und -tränkung. P. Hochhäusler. \*357
- Herstellung dünner keramischer Platten für Kondensatoren. 418
- Direkt anzeigendes Meßinstrument für den Serienwiderstand von Kondensatoren. Nach F. Gutmann. 316
- Pufferkondensatoren für Hochspannungsgleichrichter. 121
- Reihen Kondensatoren in einer 220 kV-Leitung (Schweden). 207
- Die Übertragungsfähigkeit kurzer elektrischer Kraftleitungen und ihre Erhöhung durch Nebenschluß- und Reihen Kondensatoren. Nach A. Heydorn. 441
- Kondensator-Spannungsstabilisatoren. Nach Skanavi u. Nejman. 472
- Konstruktion**
- Ein Beitrag zur Struktur der Technischen Hochschulen. Nach E. Heidebroek. 730
- Kurze oder lange Drehstrom-Asynchronmotoren? F. Weiß. 539
- Konstruktiver Aufbau von NF-Verstärkern für Studioeinrichtungen. H. Schiesser u. H. Gathmann. \*523
- Konstruktion echofreier akustischer Meßräume. Nach O. Brandt u. T. Hagman. 559
- Kontakte**
- Untersuch. der Werkstoffwanderung bei elektr. Kontakten. H. E. Linckh. \*79
- Die Kontaktkraft bei der Abschaltung elektrischer Niederspannungsschaltgeräte. Nach W. Laig-Hörstebrock. 614
- Kontaktwiderstand in Abhängigkeit von der Kontaktlast. Nach E. Kappler, E. Ruchardt u. R. Schläffer. 318
- Der Einfluß des Faserlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten. A. Keil u. C.-L. Meyer. \*343
- Mechanischer Abrieb von Schaltstücken. Nach M. G. Diehl. 387
- Ein neuartiges Kontaktsystem. A. König. 254
- Korrosion**
- Bleikabel-Korrosion. Nach E. Foretaya. 153
- Erosions- und Korrosionsschäden bei schweren Heizölen als Brennstoff. Nach B. Engel. 128
- Kraftwerke** s. Elektriz.-Werke
- Kunststoffe** (s. a. Isolierstoffe, Werkstoffkunde)
- Pressen und Preßspritzen von Isolierstoffteilen. H. Draeger u. H. Scheub. 683
- Zweckmäßige Arbeitsmethoden beim Vorwärmen härter Preßmassen im Hochfrequenzfeld. Nach G. Jabusch. 91
- Das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk von Nordrhein-Westfalen. Nach K. Krekeler. 645
- Kunststofftagung in Wiesbaden. 702
- Kupplung** (s. a. Maschinenantriebe)
- Sonderbauarten von Kupplungen für die Frequenzstabilisierung von Wechselstromgeneratoren. 121
- Elektrodynamische Schlupfkupplungen. Nach H. Giesbergs. 637
- Lacke** s. Isolierstoffe, Leitungen
- Lampen** s. Lichttechnik
- Landwirtschaft**
- Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg. W. Kind. 546, 670
- Wie sieht es um den Elektropflug? W. Kind. \*438
- Zur Frage der künstlichen Gras- und Gemüsetrocknung. Nach H. Melan. 531
- Elektrische Heutrockner in Virginia. Nach L. L. Koontz. 532
- Fortschritte der Elektrifizierung im Weinbau. O. Vent. 382
- Berechnungsanlagen. Nach J. Kar. 92
- Lager**
- Rationelle Energiewirtschaft durch verminderte Lagerreibung. Nach G. Vogelphl. 128
- Wasser- u. Luftlager für die Feinmechanik. Nach F. Gottwald u. R. Vieweg. 128
- Lautsprecher** s. Technische Akustik
- Leitungen** (s. a. Elektrizitätswerke/Netze)
- **Freileitungen**
- Hochspannungs- und Meßtechnik. E. Hueter. 362
- Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen. Fr. Stiegler. 363
- Kabel und Leitungen auf der Hannoverschen Messe. 281
- Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung (Bündelleiter). G. Markt. Brf. 129
- J. Biermanns. 130
- Beitrag z. Berechnung v. Hochspannungs-Leitungen groß. Länge. W. Schneider. \*17
- Ein neuer Fernleitungs-Rechenschieber. H. Prinz. \*685
- Die Übertragungsfähigkeit kurzer elektrischer Kraftleitungen und ihre Erhöhung durch Nebenschluß- und Reihen Kondensatoren. Nach A. Heydorn. 441
- Entwurf neuer VDE-Regeln für Isolatoren für Starkstromleitungen. H. Meyer. 549
- Blitzeinschlag-Messungen in Freileitungen. H. Baatz. \*191
- Das Verhalten der Höchstspannungs-Übertragungsleitungen Hoover Dam—Los Angeles bei Gewittern. Nach E. W. Rockwell, C. Lowerison u. C. P. Garman. 723
- Messungen von Koronaverlusten und Rundfunkstörungen an einer 500 kV-Versuchsanlage in Tidd (Nordamerika). Nach Ph. Sporn u. A. C. Monteith. 412
- Koronaverlustmessungen in der Wüste. Nach W. S. Peterson, B. Cozens u. J. Carroll. 666
- Negative Korona an Drähten bei hohem Druck und hoher Temperatur. Nach L. R. Koller u. H. A. Fremont. 412
- Über zusätzliche Verluste beim Parallelbetrieb von Leitungen. Nach F. Schär. 237
- Energietransport über parallelgeschaltete Leitungen. Nach W. Erbacher. 530
- Die Energieübertragung mit 400 kV-Drehstrom über vier Leiter. Nach J. R. Mortlock. 441
- Die neuen VDE-Bestimmungen f. isolierte Starkstromleitungen. H. Heinzelmann. \*41
- Leiter aus reinem Aluminium in Kraftübertragungslinien. Nach M. Vidmar. 553
- Die schwedische 380 kV-Leitung Harpsrånget—Hallsberg. Nach D. Zetterholm u. K. F. Frägarth. 24

- Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen. U. Fischer. Fachb. 486
- Relaischutz von Hochspannungsleitungen in den USA. Nach E. L. Harder u. W. E. Marter. 471
- Erwärmung von Leitern bei kurzdauernder Stromüberlastung. Nach R. Roskopf. 411
- Eisenbahnfahrzeuge zur Kontrolle von Fahrleitungen. 557
- Die neue Alpenleitung der ATEL. Nach R. Vögeli u. R. Leresche. 724
- Die Dämpfung elektrischer Wanderwellen. Nach S. Rusck. 209
- Ortsbestimmung von Erdschlüssen auf Hochspannungs-Fernleitungen. Nach L. R. Spaulding u. C. C. Diamond. 555
- Zur Strahlung von Freileitungen. Nach M. Jensen. 76
- Näherungsverfahren zur Ermittlung der Zugspannungen gekoppelter Leitersysteme. R. Schwaben. \*164
- Auslenkungen von Isolatorenketten. Nach M. P. Fayoux. 554
- Die Ermittlung der Verschleißfestigkeit von Lackdrähten. F. Polenz. 551
- **Maste**
- Die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten. W. Koch. \*651
- Statische Berechnung von rechteckigen stählernen Freileitungsmasten für Verdrehungsbelastungen. O. Stötzner. Brf. 536
- Gründung von Leitungsmasten. O. Stötzner. 122
- **Kabel**
- Kabel. W. Vogel. Fachb. 486
- Neue Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen, VDE 0255/2.51. G. A. Greff u. F. Simons. 148
- Bleikabel-Korrosion. Nach E. Foretay. 153
- Über einen neuen bleilosen Kabelmantel. Andresen. Fachb. 486
- Aluminiummäntel bei Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung. W. Klausnitzer. Fachb. 486
- Al-ummantelte Kabel, ein Anwendungsgebiet des Kaltdruckverschweißens. 666
- Einsatz von Neopren und „kaltem Gummi“ bei elektr. Kabeln. Nach C. E. Huxley. 29
- Zerstörung von Gummiisolation durch Mikroorganismen. Nach Blake, Kitchin u. Pratt. 30
- Ein Ölkabel für 380 kV. 386
- Der Vorteil von Hochspannungskabeln mit Schwefelhexafluorid-Gasfüllung. Nach B. M. Hochberg u. M. N. Reinow. 386
- Neuartige Isolierung für Fernsprecht-, Tl- und Hf-Kabel- und -leitungen. F. Heitzmann. Fachb. 491
- „Lepeth“-Mantel für Fernsprechkabel. Nach E. J. Larsen u. R. B. Farrell. 557
- Fernmeldeleitungen mit Neoprenmantel. Nach C. C. Lawson. 638
- Ein englisch-dänisches Telegraphenkabel. 389
- Ein Seekabel mit Unterwasser-Verstärkern. Nach J. J. Gilbert. 697, 727
- Die Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten. Nach V. G. Hoptrouff u. G. I. R. Rosevear. 209
- Zulässiger Dauerstrom für im Erdboden verlegte Kabel. O. Seibert u. E. Kühn. \*72
- Neuartiges Verkabelungssystem. Nach J. S. Parsons u. J. J. Stein. 724
- Unbewehrte Seekabel mit abgestuften Leiterquerschnitten. Nach F. G. Hamner u. G. M. Doyal. 637
- Wärmeübertragung belasteter Kabel in Röhren. Nach P. Greebler u. G. F. Barnett. 150
- Bestimmungen einiger Potentialfelder in Kabeln an Modellen aus halbleitendem Papier. Nach W. Clausnitzer u. H. Heumann. 638
- Fehlerortsmessung s. a. Meßtechnik
- Fehlerortsbestimmung auf Leitungen durch oszillographische Beobachtung eines Impulses. Nach M. Ch. Béguin u. G. Maugard. 237
- Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz. H. Wechsung. Fachb. 493
- Prüfung von Höchstspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchungen. O. Gasser. Fachb. 486
- **Verschiedenes**
- Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung. A. de Quervain. Fachb. 489
- Neues Verfahren beim Bau einer Hochspannungsleitung. 637
- Magnesiumanoden zum Schutz von Ölleitungen. 339
- Lichttechnik**
- Antriebe und Lichttechnik. W. Krämer. Fachb. 487
- Lichttechnik auf der Hannoverschen Messe. 282
- Zur Frage der richtigen Lampenwahl. Nach F. Putnok. 414
- Schattigkeit und Diffusität der Beleuchtung. K. Norden. 640
- Warum 300 lx Mindestbeleuchtungsstärke für Schulräume? Nach C. L. Crouch. 124
- Dekorative Beleuchtung. 640
- Kostenvergleich zwischen Glühlampen und Quecksilberdampflampen bei Straßenbeleuchtungen. 639
- Jubiläen der Lichttechnik (Osmiumlampe, Nernstlampe). 124
- Neue Lichtquellen für den Farbfilm. 388
- Theorie der lichtelektrischen Leitung in Mischleitern. Nach F. Stöckmann. 390
- Ausbleichung farbiger Werkstoffe durch Licht und Strahlungsenergie. Nach A. H. Taylor u. W. G. Pracejus. 476
- Die reguläre Reflexion und ihre Nachteile für die Beleuchtung. Nach M. A. Salomon. 584
- Licht unter Wasser. 478
- Beitrag zum Studium der Lichtbogen säule. Nach M. J. Labouret. 449
- Edelgas-Hochdrucklampen für die Projektionstechnik. K. Larché. \*428
- Präzisionsmessungen an Gasentladungslampen. Nach I. Marterstock. 388
- Die Anwendung von Entladungslampen in Tages-Lichtsignalen. 605
- Elektrolumineszenz. Nach E. C. Payne, E. L. Mager u. Ch. W. Jerome. 639
- Elektronisches Gerät zur Regelung der Lichtstärke von Fluoreszenzbeleuchtungs-Anlagen. Nach W. Gruber. 667
- Neue Bauart von Quarzlampen. Nach W. Thouret. 56
- Thermionenbildung in gasgefüllten Glühlampen. Nach R. H. Clapp. 211
- Anzeigevorrichtung für schadhafte Glühlampen bei Straßenbahnfahrzeugen. R. Wider. 682
- Lebensdauer einer glühenden Wolframwendel. Nach E. Bas-Taymaz. 502
- Eine unmittelbar zündende Leuchtstofflampe in Reihe mit einer Glühlampe. Nach W. Elenbaas u. T. Holmes. 239
- Neue Rheinbrückenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen. Nach R. G. Weigel. 667
- Neue Glühlampe (Argenta). 30
- Lichtstrom-, Strom- und Spannungsverlauf bei Leuchtstofflampen. Nach J. Czech. 414
- Leistungsvergleich der Leuchtstofflampen mit Heiß- u. mit Kaltkathoden. Nach F. W. Reuter. 124
- Leuchtstofflampen-Anlagen. Nach W. Schrank. 617
- Zündgeräte für Hoch- und Höchstdrucklampen. H. Ramert. 604
- Wechselstrom-Leuchtstofflampen für die New Yorker Untergrundbahn. Nach E. W. Beggs u. H. W. Graybrook. 584
- Leuchtröhren auf See. 240
- Ein Großstroboskop. F. Früngel. 267
- Ultraviolettbestrahlung für Entkeimungszwecke. Nach H. M. Archer. 667
- Lokomotiven s. Bahnbau**
- Löten** (s. a. Werkstätten und Werkstoffe)
- Ein neues Lötgerät. Nach H. Pearce u. Homewood. 244
- Luftspalte** in Magnetfeldern. \*111
- Magnetismus** (s. a. Verstärker, Physik)
- Memorandum über elektrische und magnetische Einheiten. O. Löbl. \*455
- Zur Theorie der Beugung elektromagnetischer Wellen. Nach H. Severin. 506
- Transportable Meßanlage für schwache Magnetfelder. Nach G. Zickner u. E. Blechschmidt. 182
- Ein Instrument zur Messung der magnetischen Hysteresis. Nach J. W. Apperson u. E. F. Hansen. 667
- Ferri- u. Antiferromagnetismus. Nach L. Néel. 127
- Die Abweichung vom Rayleighschen Gesetz der Magnetisierung eines ferromagnetischen Werkstoffes. Nach H. D. Bush. 587
- Die Abhängigkeit der Koerzitivkraft von der Pulverkorngröße beim Pulvermagneten. Nach L. Weil. 319
- Der Mechanismus der Rückwärtsmagnetisierung in einem anfangs gesättigten ferromagnetischen Werkstoff. Nach H. Ekstein u. T. Gilbert. 417
- Ferromagnetische Resonanz. Nach J. van Harlem. 241

- Über die Struktur der ferromagnetischen Elementarbereiche. Nach L. W. McKeehan. 214
- Magnetische Punktpole. Nach A. M. Dirac. 214
- Untersuchungen an magnetischen Thixotropen. Nach K. Mertlich. 643
- Magnetische Eigenschaften von Cu-Fe-Sinterkörpern. Nach H. Rainer. 476
- Über magnetische Eigenschaften von Platin-Eisen-Legierungen. Nach A. Kußmann u. G. v. Rittberg. 185
- Statische und dynamische Magnetostraktion von austenitischen Eisen-Nickel-Legierungen. Nach H. Devéce. 95
- Experimentum Cruci für die Bestätigung der Einzelbereicheigenschaft feiner ferromagnetischer Pulver. Nach C. Kittel, J. K. Galt u. W. E. Campbell. 242
- Technik magnet. Werkstoffe (Übersicht engl. Arbeiten). 61
- Verbiegungseinfluß bei Kernblechen aus Mumetall. Nach F. Abmus. 243
- Wo befindet sich das Knie der Magnetisierungskurve? Nach V. A. Kozelj. 587
- Berechnung der Abmessungen des Kurzschlußringes bei Einphasenmagneten. W. F. Kussy. \*513
- Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. W. Schillig. \*465
- Erweiterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. Nach R. T. Beyer u. Ming-Yi Wei. 241
- Transduktoren. W. Schilling. Fachb. 489
- Magnetfeldstreuung an den Rändern von Luftspalten. F. Bergtold. \*111
- Magnetkerne aus dünnem Band, isoliert durch Kataphorese. Nach H. L. B. Gould. 94
- Magnetische Kippkreise. Nach A. N. Wang. 213
- Das magnetische Gedächtnis. Nach H. J. Williams u. W. Shockley. 504
- Konstruktionshinweise für kleine Zyklotrons. 185
- Sichtbare Magnetfeldlinien mit Hilfe von Gasentladungen. Nach F. Blaha u. J. A. Schelding. 615
- Optische Aufnahme des Raumladungsfeldes in einem Magnetron. 587
- 125 Jahre Elektromagnet. O. Mahr. 59
- Magnetische Verstärker s. Verstärker**
- Magnetontechnik**
- Magnettongeräte auf der Hannoverschen Messe. 285
- Magnettongeräte auf der Leipziger Messe. 232
- Über den wahren Frequenzgang bei der Aufnahme und Wiedergabe nach Magnettonverfahren. Nach R. Bierl. 642
- Ein Kleinst-Diktiergerät. 700
- Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls. H. Kösters. Fachb. 495
- Eine elektrische Modellregelstrecke für große Laufzeiten. O. Schäfer. 379
- Anzeichnung von Nachformschablonen auf Magnetofonband. Nach R. Perron. 668
- Maschinenantriebe (s. a. Steuerungen)**
- Bestimmung der Motornennleistung für den Antrieb von Riemenfallhämmern. Nach H. Haller u. H. Geisel. 153
- Gleichrichtergespeiste Antriebsmotoren. Nach V. W. Press. 640
- Steuern u. Regeln v. Gleichstrommotoren mit Thyatron. A. Grün. \*35
- Röhrensteuerung f. Walzwerksantrieb. 27
- Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes. Förster. Fachb. 489
- Elektrische Steuerungen für Exzenterpressen. K.-H. Klein. \*631
- Potentiometrische Steuerung von Hebezeugen in der Hüttenindustrie. Nach M. P. Robert. 689
- Elektromagnetische Schwingantriebe. H. Jordan. Fachb. 488
- Antriebe und Lichttechnik. W. Krämer. Fachb. 487
- Anzeichnung von Nachformschablonen auf Magnetofonband. Nach R. Perron. 668
- Verschleiß bei geschmierter Grenzreibung. Nach E. Heodebroek. 669
- Deutscher dieselektrischer Schwerlast-Schwimmkran mit Wippausleger. Nach L. Rasper. 725
- Maste s. Leitungen**
- Mathematik (s. a. Statistik, Theoret. Elektrotechnik)**
- Ein Ingenieur über die Mathematik. Nach E. S. Lee. 62
- Eine neue Form f. d. Einsatz d. Mathematik im Ingenieurwesen. Nach M. G. Malti. 42
- Elektrisches Rechengerät für Gleichungen höheren Grades. Nach H. Glubrecht. 419
- Größen- und Zahlenwertgleichungen in der Praxis. K. v. Sanden. \*609
- Medizin (s. a. Unfälle)**
- Neue elektrische Instrumente für medizinische Diagnostik. Nach Benjamin, Hale, Carstensen u. Tomkins. 414
- 108 sind ausgefallen. Nach E. C. Hunt. 532
- Elektrische Erscheinungen an Blutzellen. Nach E. Fritze. 532
- Ultraviolettbestrahlung für Entkeimungszwecke. Nach H. M. Archer. 667
- Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte. W. Keßbel. Fachb. 490
- Messe s. Ausstellungen**
- Meßtechnik**
- **Allgemeines**
- Hochspannungs- und Meßtechnik. E. Hueter. 362
- Meßverfahren. F. Moeller. Fachb. 494
- Meßgeräte. K. Schmiedel. Fachb. 493
- Meßgeräte. H. Toeller. Fachb. 493
- Neueres aus der Höchsthochfrequenz-Meßtechnik der USA. H. H. Meinke. Fachb. 492
- Meß- und Prüfgeräte mit Elektronenröhren. Nach E. Samal. 210
- Schirmung in Meßschaltungen. Nach E. Samal. 182
- Mechanische Probleme bei elektr. Meßgeräten. Nach A. Weigand. 89
- Neue Feinmeß- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom. W. Thal. Fachb. 493
- Elektrische Anzeigeeinstrumente bei den Frequenzen der Reglertechnik. Nach W. S. Pritchett u. R. M. Saunders. 413
- Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographie. v. Ferroni. Fachb. 494
- Das Magnetvariometer. Nach A. Weis. 643
- Der Kompensationsverstärker, ein neuer Photozellenkompensator. J. Richter. Fachb. 493
- Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und zum Speisen von Telephonieräten. P. Böning. Fachb. 494
- Eichung von Elektrizitäts-Meßgeräten. 638
- Meßgeräte auf der Hannoverschen Messe. 284
- **Spannung, Strom, Widerstand**
- Annähernd verlustlose Messung sehr kleiner Gleichspannungen. Nach H. H. Rust. 123
- Die annähernd verlustlose Messung von Gleichspannungen durch Umformen in Wechselspannungen. Nach H. H. Rust. 473
- Messungen von Koronaverlusten und Rundfunkstörungen an einer 500 kV-Versuchsanlage in Tidd (Nordamerika). Nach Ph. Sporn u. A. C. Monteith. 412
- Eine subjektive Meßmethode für hochfrequente Störgeräusche. Nach H. A. Thomas. 558
- Spannungsproben an Maschinenwicklungen im Betrieb. Nach R. W. Wiesemann. 314
- Ein Thermoinstrument zur Messung kleiner Hochfrequenzspannungen. Nach N. Coulson. 473
- Messg. des Spannungsabfalls in Gasentladungsröhren mit Glühkathode. Nach E. K. Smith. 26
- Präzisionsmessungen an Gasentladungslampen. Nach I. Marterstock. 388
- Direktanzeig. Brennspannungs-Meßgeräte f. Großgleichrichter. K. Müller-Lübeck. \*47
- Hochfrequenz-Strommessung mit Betriebsinstrumenten. H. Wechsung. \*255
- Zur Einführung des absoluten Ohms. Nach G. Zickner. 726
- Messg. des Wirkwiderstandes von Drehstromleitungen. Nach Matsch, Basu u. Horcher. 27
- Widerstandsmessung bei hohen Frequenzen mit verlustlosen Vierpolen. Nach A. Egger u. H. H. Meinke. 209
- Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern. R. Bauer. Fachb. 494
- Einleiter-Stromwandler. Nach G. Camilli. 639
- Das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet. A. Kaltoven. \*707
- Kunstharz-Trockenmeßwandler. Nach A. Imhof. 555
- **Kapazität, Induktivität, Frequenz**
- Ohmmetrische Messung von Induktivitäten u. Kapazitäten mit erheblichen Verlustwiderständen. C. Moerder. \*259
- Ein Resonanzverfahren zur Messung der Impedanz bei ultrakurzen Wellen. Nach A. Haug. 559

- Direkt anzeigendes Meßinstrument für den Serienwiderstand von Kondensatoren. Nach F. Gutmann. 316
- Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz. W. Denecke. Fachb. 494
- **Arbeit, Leistung**
- Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätszähler“, VDE 0418. 547
- Über die Auslegung der Zählwerke in Elektrizitätszählern. F. Hämmerling. 576
- Der Einfluß der Ankerlagerung auf Lebensdauer und Meßgenauigkeit von Elektrizitätszählern. H. Edler. \*167
- Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern. H. Edler. Fachb. 493
- Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte. H. Grosse-Brauckmann. Fachb. 494
- Neue Einrichtung zur Prüfung von Wattstundenzählern. Nach Robison u. Wickham. 56
- Neues Verfahren zur Messung der Hochfrequenz-Wirkleistung bei selbst erregten Sendern. F. Alf. \*541
- Wirbelstromverluste in elektrischen Geräten. W. Kaufmann. 580
- Koronaverlustmessungen in der Wüste. Nach W. S. Peterson, B. Gozens u. J. Carroll. 666
- **Verschiedene elektrische und magnetische Größen**
- Kennlinien-Meßgeräte. Nach W. Grafunder u. H. Schultes. 413
- Neuer Trafo-Ubersetzungsmesser. A. Keller. \*463
- Meßgeräte für Fernsehempfänger. R. Bredtner. Fachb. 492
- Breitband-Mikrowellen-Rauschquelle. Nach W. M. Mumford. 28
- Bestimmung der Kurvenform elektrischer Wechselgrößen mit dem Vektormesser. W. Holleufer. \*199
- Ein Meßwertumformer nach dem Frequenzverfahren. Nach R. Burgholz. 183
- Ein Instrument zur Messung der magnetischen Hysteresis. Nach J. W. Apperson u. E. F. Hansen. 667
- Hydrodynamische Methode zur Messung elektrischer und magnetischer Felder. Nach A. D. Moore. 238
- Transportable Meßanlage für schwache Magnetfelder. Nach G. Zickner u. E. Blechschmidt. 182
- Untersuchungen mit dem Spitzenzähler an frisch bearbeiteten Kristallen. Nach J. Kramer. 729
- Elektronenoptische Untersuchung der Raumladung in einem Magneton. Nach D. L. Deverdin. 588
- Optische Aufnahme des Raumladungsfeldes in einem Magneton. 587
- Bestimmungen einiger Potentialfelder in Kabeln an Modellen aus halbleitendem Papier. Nach W. Claußnitzer u. H. Heumann. 638
- Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz. H. Wechsung. Fachb. 493
- Fehlerortsbestimmung auf Leitungen durch oszillographische Beobachtung eines Impulses. Nach M. Ch. Béguin u. G. Maugard. 237
- Gerät zur Fehlerorts-, Lage- und Tiefenbestimmung von Kabeln. F. E. Planer. \*117
- Elektr. Feinmessung an Kunststoffen. Nach Th. Gast. 90
- Scintillations- u. Kristallzähler. Nach R. Kollath. 127
- Meßmotor als Integrator u. Meßwandler. A. Schwarz. \*113
- Ein neues Meßgerät für Netzoberwellen. W. Wilshaus. \*408, Brf. 619
- Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten ohne Elektroden. Nach F. Klutke. 387
- Ein schreibender Flußmesser hoher Genauigkeit. Nach P. P. Cioffi. 210
- Eine elektrische Modellregelstrecke für große Laufzeiten. O. Schäfer. 379
- Programmsteuerung mit Wheatstonescher Brücke. F. Stejskal. 578
- Beschädigung eines Meßkabels durch Fehlverbindung eines Schweißumformers. 534
- **Nichtelektrische Größen**
- Wandstärkenmessung von Leichtmetall-Gußteilen. Nach Ph. Schneider u. P. Dekker. 444
- Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand. E. Festl. \*173
- Elektr. Wiegen. Nach H. I. Andrews. 27
- Druckmessung im Hochvakuum. 316
- Elektrische Sondendruckmessung in Erdölbohrungen. Nach C. H. Biedendieck. 443
- Über einen induktiven Standmesser. E. Schuch. 373
- Induktive dynamische Dehnungsmeßanlage. R. Schulz. \*177
- Dehnungsmessung mit Widerstandsdrähten. Nach L. Merz. 388
- Messen mit Dehnungsmeßstreifen. K. Spaderna. \*11
- Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. Nach E. M. Sinelnikow u. G. S. Somichina. 315
- Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. W. Treusch. 646
- Ein elektronischer Drehzahlmesser. Nach H. G. Jerrard u. W. Punnett. 726
- Photoelektr. Flächenmessung. 62
- Eine Röhre zur Messung von Beschleunigungen. R. Kretzmann. 443
- Neue Synchronisierungseinrichtung. Nach E. A. Livingston. 237
- Objektive Messung von Störstellen in der Tonspur von Tonfilmen. Nach H. H. Rust u. C. Hartmann. 446
- Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektroden-Durchlauferhitzern. H. Rademacher. Fachb. 489
- Plantin-Widerstandsthermometer für Temperaturmessungen bis 750 °C. Nach A. Barthel. 555
- Elektrisches Viskosimeter. Nach A. R. Boyle. 238
- Messung der Brennbarkeit an dünnen Folien und Geweben. Nach J. R. Blegen. 670
- Geoelektrische Untersuchungen in der Blitzschutztechnik. Nach V. Fritsch. 313
- Geoelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern. V. Fritsch. 717
- Neue elektrische Instrumente für medizinische Diagnostik. Nach Benjamin, Hale, Carstensen u. Tomkins. 414
- Mikrophon** s. Fernsprechtechnik, Techn. Akustik
- Mikroskop** s. Elektronenoptik
- Mikrowellen** s. Funktechnik
- Modellbahnen** s. Bahnbau
- Motoren** s. Elektr. Maschinen, Bahnbau, Maschinenantrieb
- Monopol**
- Das Monopolproblem in der Energiewirtschaft. F. List. 310
- Navigation** s. Funktechnik
- Nachrichtentechnik**
- s. Funktechnik, Fernmeldetechnik, Fernsprechtechnik, Fernsehtechnik, Fernschreibtechnik
- Netze** s. Elektrizitätswerke
- Netzmodelle** (s. a. Elektrizitätswerke) Aufbau und Anwendung des österreichischen Netzmodells. Nach W. Erbacher. 208
- **Normen**
- Neue Elektronormen. 392, 588, 618
- Notgemeinschaft**
- Zweiter Jahresbericht der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft. 618
- Oberflächenbearbeitung** (s. a. Werkstätten, Werkstoffe)
- Elektrolytisches Polieren. 183
- Oberwellen** (s. a. Elektrizitätswerke, Meßtechnik)
- Oberwellenmessungen an einem mitteldeutschen Hoch- und Mittelspannungsnetz. Nach R. Wapper. 208
- Ofen** (s. a. Wärmetechnik)
- Glühmuffeln aus dünnwandigem Edelstahlblech für Elektroöfen. 211
- Ol** s. Isolierstoffe
- Oszillatoren** s. Funktechnik
- Oszillographen** s. Meßtechnik
- Patente**
- Neuordnung des Patentwesens in Berlin u. in der Ostzone. P. Ohrt. \*77
- Persönliches** s. Abt. A II
- Philosophie**
- Mensch und Arbeit im technischen Zeitalter. W. Tegtmeyer. 392
- Photozellen** (s. a. Meßtechnik, Physik)
- Korrektur lichtempfindlicher Zellen auf Einfallswinkel und spektrale Energieverteilung des Lichtes. Nach G. B. Buck. 170
- Cadmiumsulfid-Empfänger für Röntgenlicht. Nach R. Frerichs. 214
- Der Kompensationsverstärker, ein neuer Photozellenkompensator. J. Richter. Fachb. 493
- Physik** (s. a. Elektronenoptik, Kontakte, Magnetismus, Röntgenstrahlen, Theoretische Elektrotechnik)
- Physikertagung in Karlsruhe. J. Euler. 645
- Memorandum über elektrische und magnetische Einheiten. O. Löbl. \*455
- Zum Induktionsgesetz. R. W. Pohl u. F. Stöckmann. \*595
- Größen- und Zahlenwertgleichungen in der Praxis. K. v. Sanden. \*609
- Elektrophysik und Elektroakustik. Grützmaier. Fachb. 448
- Die Entwicklung der Mesonentheorie. Nach H. Yukawa. 448
- Eine Berechnung der Loschmidtschen Zahl. W. Burstyn. 552
- Das Plancksche Wirkungsquantum. K. Sauerwein. 319
- Die dielektrische Nachwirkung in Flüssigkeiten und festen Körpern. Nach C. P. Smyth. 646

- Bestimmungen einiger Potentialfelder in Kabeln an Modellen aus halbleitendem Papier. Nach W. Claubnitzer u. H. Heumann. 638
- Optische Aufnahme des Raumladungsfeldes in einem Magnetron. 587
- Sichtbare Magnetfeldlinien mit Hilfe von Gasentladungen. Nach F. Blaha und J. A. Schelding. 615
- Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten ohne Elektroden. Nach F. Klutke. 387
- Die Abweichung vom Rayleighschen Gesetz der Magnetisierung eines ferromagnetischen Werkstoffes. Nach H. D. Bush. 587
- Über die Struktur der ferromagnetischen Elementarbereiche. Nach L. W. McKeehan. 214
- Magnetische Punkte. Nach A. M. Dirac. 214
- Experimentum Cruci für die Bestätigung der Einzelbereichseigenschaft feiner ferromagnetischer Pulver. Nach C. Kittel, J. K. Galt u. W. E. Campbell. 242
- Der Mechanismus der Rückwärtsmagnetisierung in einem anfangs gesättigten ferromagnetischen Werkstoff. Nach H. Eckstein u. T. Gilbert. 417
- Über die Existenz von Zwischenschichten an der Grenze Metall-Selen und ihre Bedeutung für den Sperrschichtmechanismus. Nach S. Poganski. 533
- Die Verschiedenheit der Supraleitfähigkeit bei verschiedenen Isotopen. 185
- Über magnetische Eigenschaften von Platin-Eisen-Legierungen. Nach A. Kußmann u. G. v. Rittberg. 185
- Die Eisen-Platin-Invar und ihre Ausdehnungsanomalien. Nach A. Kußmann, M. Auwärter u. G. v. Rittberg. 185
- Negative Korona an Drähten bei hohem Druck und hoher Temperatur. Nach L. R. Koller u. H. A. Fremont. 412
- Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladung. T. H. Wasserab. Fachb. 494
- Die Spritzentladung, eine Rückzündursache der Quecksilberdampfstromrichter. Nach Th. Wasserab. 696
- Einfluß der Elektroden auf Gleichspannungs-Durchschläge in Gasen mit hohen Drucken. Nach J. G. Trump, R. W. Cloud, J. G. Mann u. E. P. Hanson. 701
- Ein 500 kV-Linearbeschleuniger mit Selengleichrichtern. Nach W. R. Arnold. 583
- Sekundärelektronenvervielfacher und ihre technische Bedeutung. Nach K. Nentwig. 558
- Magnetische Kippkreise. Nach A. N. Wang. 213
- Oberflächenbeschichtung im Hochvakuum. 560
- Beitrag zum Studium der Lichtbogensäule. Nach M. J. Labouret. 449
- Elektrische Gradienten in langen Funkenkanälen. Nach J. B. Higham u. J. M. Meek.
- Über die Gasfestigkeit von Isolierölen im elektrischen Feld. Th. Wörner. \*656
- Stabilität des Schweißlichtbogens durch Hochfrequenz. E. Bergmann. \*679
- Der Funkendurchbruch in Gasen. Nach L. H. Fisher. 628
- Ultrakurzwellen-Gasentladungen. Nach M. A. Biondi. 642
- Thermionenbildung in gasgefüllten Glühlampen. Nach R. H. Clapp. 211
- Korrektur lichtempfindlicher Zellen auf Einfallswinkel und spektrale Energieverteilung des Lichtes. Nach G. B. Buck. 170
- Theorie der lichtelektrischen Leitung in Mischleitern. Nach F. Stöckmann. 390
- Elektrolumineszenz. Nach E. C. Payne, E. L. Mager u. Ch. W. Jerome. 639
- Ein experimenteller „stroboskopischer“ Oszillograph für Frequenzen bis ungefähr 50 MHz. Nach J. M. L. Janssen. 558
- Elektrische Farbfilter. Nach V. A. Babits u. H. F. Hicks. 319
- Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforschung. K. H. Brockmeier. Fachb. 489
- Physik in der Metallkunde. Nach G. Masing. 390
- Die Anwendung radioaktiver Isotope in der Technik. Nach S. Hähnel. 243
- Das Wirbelrohr nach in einer für Demonstrationen geeigneten Form. Nach M. P. Blaber. 242
- Szintillations- u. Kristallzähler. Nach R. Kollath. 127
- Untersuchungen mit dem Spitzenzähler an frisch bearbeiteten Nichtmetallflächen und bestrahlten Kristallen. Nach J. Kramer. 729
- Physikalische Erklärung des Dreielektrodenkristalls und dessen moderne Anwendung. H. Fark. 690
- Gezüchtete Quarzkristalle. Nach A. C. Walker. 644
- Preßstoffe** (s. a. Isolierstoffe, Werkstoffe)
- Wiederaufnahme der Güteprüfung von Preßmassen und daraus hergestellten Preßteilen. 391
- Prüfwesen**
- Die Stoßprüfung von Transformatoren. Nach F. Deldi. 238
- Die Prüfung elektrischer Maschinen. W. Stockmayer. 691
- Ersatz-Kurzprüfzeit für elektrische Maschinen beim aussetzenden Betrieb (AB). M. Kloss. \*233, Brf. 235
- Wiederaufnahme der Güteprüfung von Preßmassen und daraus hergestellten Preßteilen. 391
- Eichung von Elektriz.-Meßgeräten. 90
- Neue Einrichtung zur Prüfung v. Wattstundenzählern. Nach Robison u. Wickham. 56
- Lebensdauerprüfung von Kochplatten. Nach W. Winkelmann. 27
- Quarzlampen** s. Lichttechnik
- Rationalisierung** (s. a. Industrie)
- Rationalisierung und Technische Hochschulen. Nach E. Hotz. 420
- Rechenggeräte**
- Automatische Großrechenmaschine. H. Athen. \*518
- Eine programmgesteuerte elektrische Rechenmaschine. 215
- Elektrisches Rechenggerät für Gleichungen höheren Grades. Nach H. Glubrecht. 419
- Ein neuer Fernleitungs-Rechenschieber. H. Prinz. \*685
- Elektronisches Gerät für statistische Auswertung. 186
- Recht** s. technisches Recht
- Regelung**
- Steuerung und Regelung. G. Lesch. Fachb. 489
- Industrielle Anwendungen. L. Lebercht. 368
- Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen. Curion. Fachb. 489
- Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse. W. Blum. Fachb. 490
- Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen. W. Bader. Fachb. 489
- Elektrische Anzeigegeräte bei den Frequenzen der Reglertechnik. Nach W. S. Pritchett u. R. M. Saunders. 413
- Konstantstrom-, Verstärker- und Regelmaschinen für Gleichstrom (Metadyne, Amplidyne, Rototrol). E. Kübler. \*623
- Programmsteuerung mit Wheatstonescher Brücke. F. Stejskal. 578
- Eine elektrische Modellregelstrecke für große Laufzeiten. O. Schäfer. 379
- Aufzeichnung von Nachformschablonen auf Magnetofonband. Nach R. R. Perron. 668
- Gleichspannungsverstärker als Kraftverstärker u. Temperaturregler. Nach W. Jellinghaus. 123
- Transduktoren. W. Schilling. Fachb. 489
- Steuern und Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyatronen. A. Grün. B. 162
- Potentiometrische Steuerung von Hebezeugen in der Hüttenindustrie. Nach M. P. Robert. 689
- Spannungsregelg. v. Drehstromgeneratoren bei Stoßbelastung. Nach Harder, Check u. Clayton. 88
- Elektronische Steuer- und Regelschaltungen von Widerstandsschweißgeräten. Nach M. E. Thirion. 415
- Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes. Förster. Fachb. 489
- Elektrische Steuerungen für Exzenterpressen. K.-H. Klein. \*631
- Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte. H. Grosse-Brauckmann. Fachb. 494
- Polwenderegler für Modellbahnen. H. Thorey. 603
- Kontinuierlicher Temperaturregler mit Thyatron. Nach Aumont. 55
- Elektrotechnisches Gerät zur Regelung der Lichtstärke von Fluoreszenzbeleuchtungs-Anlagen. Nach W. Gruber. 667
- Reibung**
- Verschleiß bei geschmierter Grenzreibung. Nach E. Heodebroek. 669
- Relais**
- Verhalten v. Selektivschutzeinrichtungen bei Pendelungen. A. Thewalt. \*20
- Relaischutz von Hochspannungsleitungen in den USA. Nach E. L. Harder u. W. E. Marter. 471
- Ein schnellarbeitendes „Außer-Tritt“-Relais. Nach W. C. Morris. 442



- Ein Motorschutzrelais für Drehstrommotoren im aussetzenden Betrieb. H.-J. Schrader. \*634
- Berechnung der Abmessungen des Kurzschlußringes bei Einphasenmagneten. W. F. Kussy. \*513
- Röhren**
- Meß- und Prüfgeräte mit Elektronenröhren. Nach E. Samal. 210
- Neue thermisch emittierende Kathode für hohe Belastungen. Nach Lemmens, Jansen u. Loosjes. 93
- Neue Laufzeitröhren. 469
- Eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung. H. Kleinwächter. 714
- Neue Mikrowellentriode als Modulator und Verstärker. Nach A. E. Bowen u. W. W. Mumford. 696
- Eine neue Mikrowellentriode; konstruktive Einzelheiten. Nach J. A. Morton u. R. M. Ryder. 616
- Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme. Nach H. Salow. 727
- Das Vidicon, eine neue Fernsehkamera-Röhre. Nach Weimer, Forgue u. Goodrich. 59
- Ladungs-Bildspeicherröhren mit Spelchgitter. Nach M. Knoll u. J. Bandmer. 317
- Eine elektrostatische Speicherröhre. Nach S. H. Dodd, H. Klemperer u. P. Youtz. 727
- Sättigung der Fluoreszenz in Fernsehempfänger-Röhren. Nach A. Brill u. F. A. Kröger. 639
- Grundlagen und Anwendungen der Farbschrittröhren. Nach P. G. Violet. 416
- Der Elektronenkoppler. Nach C. L. Cuccia u. J. S. Donald. 184
- Neue Elektronenschleuder in Karlsruhe. 420.
- Elektronenoptische Untersuchung der Raumladung in einem Magnetron. Nach D. L. Deverdin. 588
- Thyratrons zur Motorsteuerung. \*35
- Eine Röhre zur Messung von Beschleunigungen. R. Kretzmann. 443
- Sicherungseinrichtung für Rundfunkröhren. H. Marsiske. 476
- Röntgentechnik**
- Röntgenologische Materialuntersuchung. Nach H. Gombel. 560
- Eine transportable Gleichspannungsapparatur für die industrielle Röntgendurchstrahlung. Nach A. Kuntke u. H. Verse. 206
- Ein elektrostatischer 2 MV-Generator für die Röntgentherapie. Nach H. Miller. 447
- Ein elektronisch gesteuerter Röntgen-Filmaufnahmegerät. Nach V. Quittner. 447
- Cadmiumsulfid-Empfänger für Röntgenlicht. Nach R. Frerichs. 214
- Ein Weg zur Röntgenstrahlen-Mikroskopie. Nach P. Kirkpatrick. 560
- Rundfunk s. Funktechnik**
- Sammler s. Elemente**
- Schallplatten s. Technische Akustik**
- Schaltanlagen**
- Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen. Fr. Stiegler. 363
- Schaltanlagen und Netze. R. Meistermann. Fachb. 485
- Schaltanlagen im Ausland. Nach G. Meiners. 442
- Neuerungen im Schaltanlagenbau. G. Meiners. Fachb. 486
- Die Isolationsbemessung als Problem des Schaltanlagenbaues. K. Reiske. \*105
- Mechanischer Abrieb von Schaltstücken. Nach M. G. Diehl. 387
- Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihre Anwendungsgebiete. K. Reiske. Fachb. 485
- Über bemerkenswerte Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen. Nach Ch. Bresson. 723
- Schaltgeräte (s. a. Kontakte)**
- Schaltgeräte und Überspannungsschutz. Weber. Fachb. 487
- Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen. U. Fischer. Fachb. 486
- Gesichtspunkte beim Entwurf von Druckluftschaltern. Nach C. H. Flurschein u. C. H. L'Estrange. 442
- Der Einfluß der wiederkehrenden Spannung auf den Kurzschlußabschaltvorgang von Leistungsschaltern. Nach J. Blase. 665
- Die Kontaktkraft bei der Abschaltung elektrischer Niederspannungsschaltgeräte. Nach W. Laig-Hörstebroek. 614
- Die Entwicklung und Ausführung elektrischer Schaltgeräte für Werkzeugmaschinen. Nach A. R. H. Thorne. 386
- Neue Bauformen der Expansionsschalter. G. Kirch. Fachb. 487
- Die Strömungslöschkammer und ihre Anwendung im ölarmen Druckausgleichschalter. H. Hohm u. E. Maab. \*263
- Zweileistungsschalter z. Verringerung d. Energiebedarfes v. Haushaltsabnehmern z. Zeit d. Netzlast. Nach R. Bresson. 87
- Kurzschlußfeste Motorschutzschalter. J. Möller. Fachb. 487
- Lastabschaltung mit Trennschaltern. Nach A. Manzinger. 88
- Rasche Drehrichtungsumkehr kleiner Elektromotoren. 554
- Der Isotherm-Motorschutz. Nach E. Hopperwieser. 695
- Über die Konstruktion eines Kleinschalters. H. Robert. 258
- Thermobimetalle. Nach J. Bingel. 617
- Neuer Sicherungsautomat. H. Marsiske. 502
- Anwendungsgrenzen von Keramik- u. Harzpreßteilen in der Elektrotechnik, insbesondere im Niederspannungsschaltgerätebau. H. Franken. \*133
- Untersuchungen an Nummernschaltern. Nach E. W. Anderfuhren, W. Peter u. H. Künzler. 698
- Der „Flotor“, ein neues Schaltelement. Nach J. L. Arends. 698
- Schalter auf der Hannoverschen Messe. 272
- Schieflast**
- Zur Definition der Schieflast von Drehstromgeneratoren. O. Löbl. \*229, B. 326
- Schiffahrt**
- Wirtschaftlicher Transport auf Binnenwasserstraßen durch elektrischen Antrieb mittels Oberleitung. Nach H. H. Rust. 434
- Elektrotechnik im Schiffbau. R. Meister. 506
- Probleme und Leistungen des Schiffsrads. Nach W. Peters. 446
- Radar im Antwerpener Hafen. 417
- Leuchtröhren auf See. 240
- Deutscher dieselelektrischer Schwermast-Schwimmkran mit Wippausleger. Nach L. Rasper. 725
- Schirmung**
- Schirmung in Meßschaltungen. Nach E. Samal. 182
- Schrifttum s. Abt. A III**
- Schutzeinrichtungen s. Sicherungen, Überspannungen, Relais**
- Schweißtechnik**
- Schweißgeräte auf der Hannoverschen Messe. 279
- Neuere Erkenntnisse b. elektr. Bogenschweißen. 57
- Stabilität des Schweißlichtbogens durch Hochfrequenz. E. Bergmann. \*679
- Memorandum über elektrisches Lichtbogenschweißen. 531
- Symmetrische Phasenbelastung bei elektrischen Widerstandsschweißmaschinen. K. Ruppin. 302
- Statische Prüfung und Berechnung von Punktschweißverbindungen bei Scherzugbeanspruchung. Nach H. Zschokke u. R. Montandon. 415
- Elektronische Steuer- und Regelschaltungen von Widerstandsschweißgeräten. Nach M. E. Thirion. 415
- Alummantelte Kabel, ein Anwendungsgebiet des Kaltdruckverschweißens. 666
- Schwimmkran**
- Deutscher dieselelektrischer Schwermast-Schwimmkran mit Wippausleger. Nach L. Rasper. 725
- Sender s. Funktechnik**
- Sicherungen (s. a. Schaltgeräte)**
- Neuer Sicherungsautomat. H. Marsiske. 502
- Bezeichnung und Betriebsweise von Überspannungsableitern. Nach H. F. Jones u. C. J. O. Garrard. 314
- Signalanlagen**
- Signal- und Alarmanlagen. G. H. Nestmann. \*249
- Eine neue Bauart von Personensuchanlagen. Nach A. Trägardh. 557
- Fahrzeuggesteuerte Verkehrssignale. Nach S. Ekwall. 585
- Zentralgesteuerte Straßenverkehrssignalanlagen. Nach R. Müller. 504
- Die Verkehrszeichen-Regelung in Amsterdam. Nach M. Peekema. 586
- Neuartige Feuermelder. Nach M. A. Soulier. 445
- Sitzungskalender s. Abt. A IV**
- Stabilisator**
- Kondensator-Spannungstabilisatoren. Nach Skanavi u. Nejman. 472
- Statistik (s. a. Elektrizitätswerke usw.)**
- Statistische Methoden in der Elektroindustrie. U. Graf u. K. Roewer. \*1
- Statistische Fabrikationskontrolle. Nach M. P. Geppert. 701
- Elektronisches Gerät für statistische Auswertung. 186
- Wahrscheinlichkeitspapier in der Ingenieurpraxis. Nach A. Boyajian. 29
- Steuerung (s. a. Regelung)**
- Steuern u. Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyratrons. A. Grün. \*35
- Elektronische Motorsteuerung. Nach R. Kretzmann. 58



- Röhrensteuerung f. Walzwerksantrieb. 27
- Steuerungen auf der Hannoverschen Messe. 269.
- Stoffkunde** s. Werkstoffe
- Stoßspannungen** s. Überspannungen
- Straßenbahn** s. Bahnbau
- Stroboskope** (s. a. Lichttechnik, Meßtechnik)
- Stroboskope auf der Hannoverschen Messe. 283
- Ein Großstroboskop. F. Früngel. 267
- Stromrichter**
- Vakuum- und Gasgleichrichter. A. Güntherschulze. \*573
- Der Entwicklungsstand der Leistungsstromrichter. L. Lebrecht. \*297
- Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter. F. Stier. 364, 710
- Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladung. T. H. Wasserrab. Fachb. 494
- Die Spritzentladung, eine Rückzündungsursache der Quecksilberdampfstromrichter. Nach Th. Wasserrab. 696
- Über die Existenz von Zwischenschichten an der Grenze Metall-Selen und ihre Bedeutung für den Sperrschichtmechanismus. Nach S. Poganski. 533
- Zur Bemessung von Hochsp.-Gleichrichtern mit Pufferkondensatoren. Nach R. Brey u. H. Verse. 121
- Direktanzeige. Brennspannungs-Meßgeräte f. Großgleichrichter. K. Müller-Lübeck. \*47
- Röhrenregung von Generationen. 120
- Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes. Förster. Fachb. 489
- Gleichrichtergespeiste Antriebsmotoren. Nach V. W. Press. 640
- Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet. K. Schmidt. Fachb. 492
- Die Anwendung des Transduktors als Gleichstromwandler in der Aluminiumindustrie. Nach T. R. Specht u. R. N. Wagner. 319
- Stromrichter und Wandler auf der Hannoverschen Messe. 271
- Strömungslöschkammer** (s. a. Schaltgeräte)
- Die Strömungslöschkammer und ihre Anwendung im ölarmen Druckausgleichschalter. H. Hohm und E. Maab. \*263
- Supraleitung** s. Physik
- Synchronisieren** (s. Meßtechnik, Schaltgeräte)
- Neue Synchronisierungseinrichtung. Nach E. A. Livingston. 237
- Tagungen**
- Einladung zur 45. Jahresversammlung des VDE in Hannover. 321
- VDE-Jahresversammlung 1951 in Hannover. K. Humburg. \*483
- Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51. F. Lauster. 330
- Hannover und die Elektrotechnik. K. Humburg. 328
- Geleitwort zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Weber. 327
- Mitgliederversammlung des VDEW in Mainz. 186
- VDI-Hauptversammlung. 450
- VDI-Hauptversammlung 1951 in Hannover. K. Schultze. 617
- Elektrotagung in Essen. Har. Müller. 95
- Tagung der Postreferenten bei DeTe-We, Berlin. 158
4. Arbeitstagung des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln über Ordnungsprobleme sowie Zeit- und Betriebsvergleich in der Energiewirtschaft. P. Niemann. 393
- Die Jahresversammlung der Gesellschaft für Praktische Energiekunde e. V. F. List. 645
- Wassertagung in Essen. 158
- Die IV. Weltkraftkonferenz London 1950. E. Schulze. 144
- Internat. Ultraschall-Kongreß in Rom 1950. 60
- Tagung der Nordwestdeutschen Physikalischen Gesellschaft e. V. in Braunschweig. J. Euler. 449
- Physikertagung in Karlsruhe. J. Euler. 645
- Kunststofftagung in Wiesbaden. 702
- Achema X. 96, 478
- Techn.-wiss. Tagung Feinwerktechnik in Braunschweig. 95
12. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission. 478.
- Eisenhütten-Tagung 1951. 646
- Pariser Kongreß „Fortschritt in Wissenschaft und Technik“. 216
- Jahresversammlung der Gesellschaft für Weltraumforschung. 186
- Technische Akustik** (s. a. Fernsprechtechnik, Funktechnik, Magnetontechnik)
- Elektrophysik und Elektroakustik. Grützmacher. Fachb. 494
- Elektroakustik auf der Hannoverschen Messe. 284
- 25 Jahre klanggetreue Schallübertragung. F. Spandöck. 572
- Von der dezentralisierten zur zentralen Schallübertragung. F. Spandöck. \*102
- Bemerkungen zur Strahlergruppentechnik. S. Sawade. 720
- Elektroakust. Geräte m. Seignettesalz-Kristall. Nach M. Gosewinkel. 59
- Die Lärmbekämpfung in Betriebsräumen. Nach W. Furrer, A. Lauber u. P. H. Werner. 646
- Verminderte Geräusche von Transformatoren. Nach C. McLean. 502
- Geräuschbildung von Leistungstransformatoren. Nach T. D. Gordy. 669
- Die elektroakustische Wandlung mittels Magnetostraktion (Transformatoren als Schallstrahler). Nach H. H. Rust. 416
- Ein Kondensatormikrofon mit Netzanschluß. H. Kalusche. Brf. 422
- Dynamische Unterwassermikrophone und -lautsprecher. H. Gemperle. \*599
- Über das Schärfen von Stacheln für Schallplattenaufnahmen. 505
- Frequenzplatten. 643
- Vorverstärker mit Entzerrer für Schallplatten-Wiedergabe. Nach Ch. Boegli. 184
- Neue Schallplattenfirma. 62
- Objektive Messung von Störstellen in der Tonspur von Tonfilmen. Nach H. H. Rust u. C. Hartmann. 446
- Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls. H. Kösters. Fachb. 495
- Über den wahren Frequenzgang bei der Aufnahme und Wiedergabe nach dem Magnettonverfahren. Nach R. Bierl. 642
- Ein Kleinst-Diktiergerät. 700
- Der phonetische Steno-Sonograph. Nach J. Dreyfus-Graf. 700
- Konstruktion echofreier akustischer Meßräume. Nach O. Brandt u. T. Hagman. 559
- Elektroakustisch-stereophonisches Glockengeläut. 320
- Elektrisches Glockengeläut. 213
- Hörzeichen im Fernsprech-Wählverkehr. Nach R. Führer. 641
- Ultraschall-Mikroskop. 417
- Internat. Ultraschall-Kongreß im Rom 1950. 60
- Elektronische Blindleitgeräte. R. L. Beurle. 586
- Technisches Recht**
- Elektrizitäts-Sonderschutz. Ein Beitrag zum Recht der Technik. F. List. 381
- Vertauschte Rollen. Ein kleiner Seitenblick ins Reich der Technik. F. List. 582
- Telegraphie** (s. a. Fernmeldetechnik)
- Zweifach-Trägerfrequenz-Telegraphiersystem für Seekabel. Nach E. L. Newell u. C. H. Cramer. 126
- Temperatur** s. Wärmetechnik, Meßtechnik
- Theoretische Elektrotechnik** (s. a. Elektronenoptik, Magnetismus, Physik, Funktechnik)
- Innere Kapazität einer Spulenwicklung mit vielen Windungen. Nach K. Jekelius. 505
- Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. W. Schilling. \*465
- Magnetfeldstreuung an den Rändern von Luftspalten. F. Bergtold. \*111
- Zur Theorie der Beugung elektromagnetischer Wellen. Nach H. Severin. 506
- Eine Berechnung der Loschmidtschen Zahl. W. Burstyn. 552
- Wo befindet sich das Knie der Magnetisierungskurve? Nach V. A. Kozelj. 587
- Umwandlung d. Einphasenlast in symmetrischer Drehstromlast. P. Werners. Brf. 63
- : W. Bader. Brf. 63
- Die Schiefelast von Drehstr.-Generatoren. H. Happoldt. \*6, B. 100
- Das allgemeine Leistungsdiagramm des aktiven Zweipols (Anpassungsdiagramm). H. Winkler. 655
- Thyatron** (s. a. Röhren, Regelung)
- Steuern und Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyratrons. A. Grün. B. 162
- Titan** s. Werkstoffkunde
- Transformatoren und Wandler**
- Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter. F. Stier. 364, 710
- Hochspannungs- und Meßtechnik. E. Hueter. 362
- Der Entwicklungsstand im Großtransformatorbau. H. Böcker. Fachb. 485
- Auslegung v. Generat. u. Transformator bei Blockbetrieb. K. H. Kyser. \*44
- Vereinfachter Schutz von Transformatoren. Nach Ch. Dietsch u. P. Henriette Larrue. 412
- Stoßspannungserscheinungen in Transformatoren. Nach B. Heller, J. Hlavka u. A. Veverka. 531

- Die Stoßprüfung von Transformatoren. Nach F. Beldi. 238
- Ein Jahr Stoßversuche an Verteilungstransformatoren. Nach M. M. Langlois-Berthelot, D. Renaudin, J. Neuve Eglise u. S. Kohn. 152
- Auswirkungen des Kurzschlusses einer Spulengruppe von Transformatorenwicklungen in Reihenparallelschaltung. H. Rösch. \*711
- Verminderte Geräusche von Transformatoren. Nach C. McLean. 502
- Geräuschbildung von Leistungstransformatoren. Nach T. D. Gordy. 669
- Die elektroakustische Wandlung mittels Magnetostraktion (Transformatoren als Schallstrahler). Nach H. H. Rust. 416
- Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand. E. Festl. \*173
- Neuer Trafo-Übersetzungsmesser. A. Keller. \*463
- Lüftung von Transformatorenkammern. Nach F. Heiles. 543
- Ringkern-Regeltransformator. 26
- Ein 30/40 MVA-Spartransformator. 713
- Wandertransformator für das RWE. 158
- Die Anwendung des Transduktors als Gleichstromwandler in der Aluminiumindustrie. Nach T. R. Specht u. R. N. Wagner. 319
- Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern. R. Bauer. Fachb. 494
- Neue Trockenisolation f. Meßwandler. Nach P. Funfner, Franck und d'Entremont. 88
- Einleiter-Stromwandler. Nach G. Camilli. 639
- Das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet. A. Kaltofen. \*707
- Kunstharz-Trockenmeßwandler. Nach A. Imhof. 555
- Wandler auf der Hannoverschen Messe. 271
- Transport**
- Neuartige Bedienung von Kohlenlagerplätzen. Nach W. Franke. 314
- Turbinen**
- Fortschritte im Bau von Dampfturbinen für Elektr.-Werke. Nach E. E. Parker. 119
- Überspannungen**
- Schaltgeräte und Überspannungsschutz. Weber. Fachb. 487
- Bezeichnung und Betriebsweise von Überspannungsableitern. Nach H. F. Jones u. C. J. O. Garrard. 314
- Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen. F. Parschalk. Fachb. 487
- Schutzwirkung von Übersp.-Ableitern bei Umspannern. Nach V. J. Vogel. 25
- Die Dämpfung elektrischer Wanderwellen. Nach S. Rusck. 209
- Ein Jahr Stoßversuche an Verteilungstransformatoren. Nach M. M. Langlois-Berthelot, D. Renaudin, J. Neuve Eglise u. S. Kohn. 152
- Stoßspannungserscheinungen in Transformatoren. Nach B. Heller, J. Hlavka u. A. Veverka. 531
- Die Entionisationsdauer bei Lichtbogenüberschlägen in Isolatoren. Nach A. C. Boisseau, B. W. Wyman u. W. F. Skeats. 472
- Blitzschlag-Messungen in Freileitungen. H. Baatz. \*191
- Die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten. W. Koch. \*651
- Geoelektrische Untersuchungen in der Blitzschutztechnik. Nach V. Fritsch. 313
- Statische Aufladung von Staubpartikeln in Wolken. Nach W. B. Kunzel. 449
- Uhren**
- Elektrische Uhren auf der Hannoverschen Messe. 285
- Ultraschall** s. a. Techn. Akustik
- Ultraschallgeräte auf der Hannoverschen Messe. 285
- Technische Ultraschallgeber. Nach E. Crawford. 318
- Ultraschall-Mikroskop. 417
- Ultraschall-Lötgerät auf der Hannoverschen Messe. 278
- Löten von Aluminium mit Ultraschall. P. Wenk. Fachb. 495
- Unfälle**
- Über Unfälle durch elektrischen Strom. O. Schneider. 351
- Zum Neuentwurf von VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“. K. Krapp. 598
- Schutz gegen Berührungs- und Brandgefahr an elektrischen Anlagen unter Tage. Nach A. Stormanns. 586
- Unfallverhütung an Förderlokomotiven. 240
- Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen. H. W. Schaeppers. 257
- Explosion einer elektrischen Gasreinigungsanlage. E. Banik. 577
- Unterricht** (s. a. Wissenschaft)
- Vertreter der Elektrotechnik an den deutschen Technischen Hochschulen. 83, B. 162
- Ingenieur-Studium in den USA. L. Kirste. 149
- Gehört der Ingenieur zu den Akademikern? Nach R. D. Henson. 534
- Rationalisierung und Technische Hochschulen. Nach E. Hotz. 420
- Ein Beitrag zur Struktur der Technischen Hochschulen. Nach E. Heidebroek. 730
- Amerikan. Ausbildungsmethoden in der Industrie. 127
- 50 Jahre Essener Ingenieurschule. 128
- Fachschule Landshut. 396
- Praktikum in Frankreich. 320
- „Institut für naturwissenschaftliche Berufsfachlehrgänge“. 216
- VDE** s. Abt. A IV
- Verkehr** (s. a. Bahnbau, Schifffahrt)
- Die Elektrotechnik auf der Verkehrsausstellung „Schiene und Straße“. W. Prasse. \*629
- Für und wider das Elektrofahrzeug. Nach Neuberger-Motz. 584
- Hyperbel-Navigation in Deutschland. E. Roessler. \*576
- Wirtschaftlicher Transport auf Binnenwasserstraßen durch elektrischen Antrieb mittels Oberleitung. Nach H. H. Rust. 434
- Leuchtröhren auf See. 240
- Elastische Einfachfahrleitung für Obus und Straßenbahnen. Nach M. Wittgenstein. 503
- Unfallverhütung an Förderlokomotiven. 240
- Betriebserfahrungen mit dem Gyrobuss. 557
- Kreiselantrieb mit elektr. Aufladung für Fahrzeuge. 177
- Fahrzeuggesteuerte Verkehrssignale. Nach S. Ekwall. 585
- Zentralgesteuerte Straßenverkehrssignalanlagen. Nach R. Müller. 504
- Die Verkehrszeichen-Regelung in Amsterdam. Nach M. Peekema. 586
- Anzeigevorrichtung für schadhafte Glühlampen bei Straßenbahnfahrzeugen. R. Wider. 682
- Zusammenstoß als Folge abirrender Ströme in einem Braunkohlen-Abraumbetrieb. Nach E. Rauche. 668
- Reichweite der Zündentstörung von Kraftfahrzeugen. K. Volk. Fachb. 490
- Versammlungen** s. Tagungen
- Verstärker**
- Anwendung magnet. Verstärker. Nach F. N. McClure. 123
- Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. W. Schilling. \*465
- Erweiterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. Nach R. T. Beyer u. Ming-Yi Wei. 241
- Magnet. Verstärker mit Steuerkreisen relat. geringer Zeitkonstante. Nach H. F. Storm. 50
- Transduktoren. W. Schilling. Fachb. 489
- Verzerrungsfreie Verstärkung von Gleichstromimpulsen mit einem Wechselstromverstärker. Nach R. Ganger. 125
- Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme. Nach H. Salow. 727
- Gleichspannungsverstärker als Kraftverstärker u. Temperaturregler. Nach W. Jellinghaus. 123
- Der Kompensationsverstärker, ein neuer Photozellenkompensator. J. Richter. Fachb. 493
- Ein Kristallverstärker mit hohem Eingangswiderstand (Fieldistor). Nach O. M. Stützer. 154
- Vorverstärker mit Entzerrer für Schallplatten-Wiedergabe. Nach Ch. Boegli. 184
- Selektiver Tonfrequenzverstärker nach dem RC-Prinzip. Nach K. Feher u. G. Kurtze. 126
- Seekabel mit versenkten Verstärkern. Nach J. J. Gilbert. 697, 727
- Konstruktiver Aufbau von NF-Verstärkern für Studioeinrichtungen. H. Schiesser u. H. Gathmann. \*523
- Neue Aufbauweise tonfrequenter Betriebseinrichtungen. Nach A. Luniak. 390
- Waage** s. Meßtechnik
- Wählertechnik** s. Fernsprechtechnik
- Wahrscheinlichkeitspapier** in der Ingenieurpraxis. 29
- Wandler** s. Transformatoren
- Wärmetechnik** (s. a. Elektrizitätswerke, Energiewirtschaft, Meßtechnik, Schweißtechnik)
- Elektrowärme. H. Müller. Fachb. 488
- Elektrowärme. H. Masukowitz. Fachb. 488

- Elektrowärmeegeräte auf der Hannoverschen Messe. 277
- Die Bedeutung des Kohleverbrauches bei der Frage: Gas- oder Elektrowärme im Haushalt. H. Solling. \*544
- Gas- oder Elektrowärmeversorg. d. Haushaltes? H. Solling. \*13
- Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsfor-schung. K. H. Brokmeier. Fachb. 489
- Über ein Beukenmodell kleinster Abmessungen. K.-H. Brokmeier. \*525
- Das Wärme-Impuls-Verfahren. T. v. Hauteville. Fachb. 488
- **Öfen**
- Elektr. Unsymmetrie in Hochstromleitungen großer Drehstrom-Schmelzöfen. E. Kluss. \*115
- Ein kleiner Hochtemperatur-Hochvakuumofen. Nach K. B. Alberman. 556
- Zur Frage der Speicherherde. 503
- Glühmuffeln aus dünnwandigem Edelstahlblech für Elektroöfen. 211
- **Strahlungstrocknung**
- Trocknung elektrischer Maschinen. 151
- Wärmewirtschaft im Backprozeß. Nach A. Schuilenburg. 556
- Fischverarbeitung mit Infrarotstrahlen. 389
- Zur Frage der künstlichen Gras- und Gemüsetrocknung. Nach H. Melan. 531
- Elektrischer Heutrockner in Virginia. Nach L. L. Koontz. 532
- **Induktive und dielektrische Erwärmung**
- Anwendung der Induktionserwärmung mit Niederfrequenz. Nach J. Minssieux. 240
- Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen. K. Kegel. Fachb. 488
- Induktionsheizung mit querlaufendem Feld. Nach R. M. Baker. 615
- Induktive Erwärmung ferromagnetischer Stähle mit Netzfrequenz. W. Sorgenicht. Fachb. 488
- Die Überwachung von Härte- und Feinstruktur bei der Induktionshärtung. Nach G. A. Warwick. 556
- Das Induktionslötvfahren. Nach G. W. Seulen. 27
- Wirbelstromverluste in elektrischen Geräten. W. Kaufmann. 580
- Die Verwandlung elektromagnetischer Energie höchster Frequenz in Wärme. Nach C. Calosi. 503
- Dauerwellen mit UKW. 696
- Holztrocknung mit Elektrowärme. R. Czepek. 640
- Anwendungsgebiete für Hochfrequenz-Heizung in der Keramik. 389
- Dielektrische Trocknung feuchter Keramikmassen. Nach J. Martin. 474
- Zweckmäßige Arbeitsmethoden beim Vorwärmen härtpbarer Preßmassen im Hochfrequenzfeld. Nach G. Jabbusch. 91
- Auftauen gefrorenen Bodens mit Hochfrequenz. Nach P.-G. Zehnel. 56
- **Elektrowärmeegeräte**
- Elektrische Kochplatten. H. Müller. \*145
- Lebensdauerprüfung von Kochplatten. Nach W. Winkelmann. 27
- Die Anwendung elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie. F. Walter. Fachb. 488
- Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektroden-Durchlauf-erhitzern. H. Rademacher. Fachb. 489
- Elektr. Glasbearbeitung. Düsing. 30
- Zerspanen mit Hilfe des elektr. Lichtbogens. Nach F. Häck. 91
- Erwärmung von Leitern bei kurzdauernder Stromüberlastung. Nach R. Roskopf. 411
- Wärmeübertragung belasteter Kabel in Röhren. Nach P. Greebler u. G. F. Barnett. 150
- Deckenstrahlungsheizung mit Heizkabeln. Nach H. Hofstetter. 211
- Thermobimetalle. Nach J. Bingel. 617
- Das Thermobimetall mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung. H. Fahlenbrach. \*339
- Der Ipsiherm-Motorschutz. Nach E. Hopferwieser. 695
- Kontinuierlicher Temperaturregler mit Thyatron. Nach Aumont. 55
- Eine neue wärmebeständige Isolation auf Asbestbasis. Nach M. Egolf. 670
- Messung der Brennbarkeit an dünnen Folien und Geweben. Nach J. R. Blegen. 670
- Olreiniger für Kühlöl von Werkzeugmaschinen. 670
- Wasserkraft** s. Elektriz.-Werke, Turbinen
- Weinbau**
- Fortschritte der Elektrifizierung im Weinbau. O. Vent. 382
- Werbung**
- Der Elektroingenieur in d. Wirtschaftswerbung O. Vent. \*39
- Public Relation — Öffentliche Meinungspflege. O. Vent. 96
- Werkstätten**
- Zum Neuentwurf von VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“. K. Krapp. 598
- Pulvermetallurgische Herstellung endloser Bänder aus Metallpulver, insbesondere Eisenpulver. Nach G. Naeser u. F. Zirm. 533
- Zerspanen mit Hilfe des elektr. Lichtbogens. Nach F. Häck. 91
- Elektrolytisches Polieren. 183
- Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung. H. Dorn. Fachb. 487
- Farbspritzten von Metalloberflächen im elektrostatischen Feld. Nach J. Stribley. 478
- Ein neues Lötgerät. Nach H. Pearce u. Homewood. 244
- Löten von Aluminium mit Ultraschall. P. Wenk. Fachb. 495
- Lotarme Verbindungen zwischen Wicklung und Kommutator bei Bahnmotoren. Nach J. R. Reed. 554
- Ein Explosionshammer. Nach I. E. Madsen. 533
- Über das Schärfen von Stichel für Schallplattenaufnahmen. 505
- Steckerschnur zum Ziehen. 560
- Die Lärmbekämpfung in Betriebsräumen. Nach W. Furrer, A. Lauber u. P. H. Werner. 646
- Olreiniger für Kühlöl von Werkzeugmaschinen. 670
- Werkstoffe** (s. a. Isolierstoffe und Magnetismus)
- Physik in der Metallkunde. Nach G. Masing. 390
- Der Einfluß der Faserverlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten. A. Keil u. C.-L. Meyer. \*343
- Kontaktwerkstoffe s. a. Kontakte
- Der Einfluß von kleinen Beimengen auf die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer. Nach F. Pawleck u. H. Jahn. 391
- Über magnetische Eigenschaften von Platin-Eisen-Legierungen. Nach A. Kußmann u. G. v. Rittberg. 185
- Der Mechanismus der Rückwärtsmagnetisierung in einem anfangs gesättigten ferromagnetischen Werkstoff. Nach H. Ekstein u. T. Gilbert. 417
- Magnetische Eigenschaften von Cu-Fe-Sinterkörpern. Nach H. Rainer. 476
- Eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten von Ferriten. Nach K. E. Latimer u. H. B. Macdonald. 730
- Magnet. Werkstoffe s. a. Magnetismus
- Verbiegungseinfluß bei Kernblechen aus Mumetall. Nach F. Abmus. 243
- Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen. K. Kegel. Fachb. 488
- Grafitstab-Schmelzöfen mit elektrischer Widerstandsheizung zum Schmelzen von Bronze. Nach P. Müller. 474
- Neue korrosionsbeständige Werkstoffe im Ausland. Nach E. Franke. 729
- Das Titan u. seine Verbindungen in d. Elektrotechnik. W. M. H. Schulze. \*51
- Die Verwendung von Indium im Ausland. Nach N. Lowicki. 419
- Die Herstellung von reinem und bearbeitbarem Vanadium. 506
- Vom Gallium und seinen elektrotechnischen Einsatzmöglichkeiten. 215
- Die Eisen-Platin-Invarre und ihre Ausdehnungsanomalien. Nach A. Kußmann, M. Auwärter u. G. v. Rittberg. 185
- Stupalith, eine neue Keramik mit negativem Ausdehnungskoeffizienten. 418
- Dielektrische Trocknung feuchter Keramikmassen. Nach J. Martin. 474
- Anwendungsgrenzen von Keramik- u. Harzpreßteilen in der Elektrotechnik, insbesondere im Niederspannungs-Schaltgerätebau. H. Franken. \*133
- Pressen und Preßspritzen von Isolierstoffteilen. H. Draeger u. H. Scheub. 683
- Unterscheidung von Kunststoffen. Nach H. Nechamkin. 419
- Über die Härteprüfung und ihre Anwendung bei Kunststoffen. Nach E. Kruse. 418
- Neopren u. „kaltes Gummi“ für Kabel. 29
- Zerstörung von Gummiisolation durch Mikroorganismen. Nach Blake, Kitchin u. Pratt. 30
- Vinidurrohre zur elektrischen Installation. Nach E. Raudith. 477
- Dielektrische Untersuchungen an der Papierfaser. Nach P. Henninger. 477
- Kunststofftagung in Wiesbaden. 702

- Ausbleichung farbiger Werkstoffe durch Licht und Strahlungsenergie. Nach A. H. Taylor u. W. G. Pracejus. 476
- Lebensdauer einer glühenden Wolframwendel. Nach E. Bas-Taymaz. 502
- Die Verschiedenheit der Supraleitfähigkeit bei verschiedenen Isotopen. 185
- Pulvermetallurgische Herstellung endloser Bänder aus Metallpulver, insbesondere Eisenpulver. Nach G. Naeser u. F. Zirm. 533
- Die elektrolytische Abscheidung von Legierungen. Nach E. Raub. 391
- Röntgenologische Materialuntersuchung. Nach H. Gombel. 560
- Oberflächenbesichtigung im Hochvakuum. 560
- Bandagendrahtbruch. 243
- Elektr. Glasbearbeitung. Düsing. 30
- Widerstände**
- Dehnungsmessung mit Widerstandsdrähten. Nach L. Merz. 388
- Windkraft** (s. a. Elektrizitätswerke)
- Starkstromerzeugung durch Windmotoren. M. Kloss. 201
- Wirtschaft** (s. a. Industrie)
- Die wichtigsten Absatzgebiete für elektrotechnische Erzeugnisse. E. Stein. 377
- Wissenschaft** (s. a. Unterricht)
- Zweiter Jahresbericht der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft. 618
- Wünschelrute**
- Zum Problem der Wünschelrute. 216
- Zähler** s. Meßtechnik
- Zeitschriften** s. Abt. A III
- Zündanlage**
- Die Beeinflussung der Strom- und Spannungsgrundwelle einer Zündanlage durch Entstörwiderstände im Zündkreis. H. Mackh. \*375
- Zyklotron**
- Konstruktionshinweise für kleine Zyklotrons. 185

## II. Persönliches

- Hochschulnachrichten. 63, 129, B. 220, 187, 296, 324, 369, 396, 422, 451, 480, 507, 536, 562, 619, 648, 675, 705
- Firmenjubiläen. 33, 97, 160, 219, 323, 324, 422, 451, 480, 536, 589, 619, 648, 676

- Backhaus, H. 480
- Ball, H. 422
- Bang-Kaup, O. f. (m. Bild) 322
- Barkhausen, H. 704
- Baumhauer, H. (m. Bild) 323
- Benoit, G. 323
- Besag, E. f. (m. Bild) 322
- Biermanns, J. 536
- Binder, W. 451
- Binder, L. 369
- Both, C. f. 479
- Brauer, P. 396
- Brendel, F. f. 451
- Bronk, O. v. f. 562
- Bücher, H. f. 507
- Bürklin, A. f. 703
- Busch, H. 97
- Büssing, W. 507
- Burkhardt, G. 675
- la Cour, J. L. 323

- Dornhoff, C. 323
- Driescher sen., F. f. (m. Bild) 535
- Elias, O. 536
- Emde, F. f. (m. Bild). \*511
- Emersleben, O. 296
- Ernemann, K. H. A. 648
- Eyth, H. 648.
- Fischer, F. J. 129
- Fischer, J. 129
- Friedrich, E. f. 159
- Friedrich, W. f. 675
- Fritz, I. C. 33
- Gehrts, A. f. (m. Bild) 295
- Gerthsen, Ch. 562
- Giorgi, G. f. (m. Bild) 187
- Grünwald, E. 395
- Haas, F. 619
- Hammerbacher, L. 451
- Hartmann, W. 619
- Hasse, H. 63
- Hausrath, H. 479
- Heidebroek, E. 648
- Hermann, P. K. 507
- Hermanni, A. f. 703
- Herz, K. 422
- Hess, J. f. 218
- Hofmann, A. 323
- Howe, M. f. 562
- Jacottet, P. 536
- Jaekel. 507
- Knopp, K. 451
- Kollath, R. 507
- Kollmann, K. 676
- Köttgen, C. 589
- Krieger, H. 395
- Küpfmüller, K. 507
- Küppenbender, H. 648
- Kutzner, A. (m. Bild) 323
- Labus, J. 562
- Lauster, F. 63
- Leber, K. J. 323
- Meyer-Delius, H. 507
- Möllenberg, G. 648
- Müller, Har. 63
- Nehlsen, H. f. 218
- Nestel, W. 619
- Nestler, R. 536
- Partzsch, A. 562
- Pfisterer, K. 324
- Philips f. A. F. 647
- Pirrung, A. 451
- Plank, R. 369
- Porsche, F. f. 218
- Potthoff, H. f. 296
- Prüss, M. 562
- Quade, W. 187
- Rachel, A. 323
- Reinauer, A. f. (m. Bild) 421
- Reisner, H. 480
- Riepka, H. C. 648
- Rier, W. 703
- Ringsdorff, H. f. (m. Bild) 451
- Rupp, H. 219
- Ruska, H. 296
- Schirp, P. (m. Bild) 32
- Schlink, W. 451
- Schmidt, G. 245
- Schneider, L. 507
- Schottky, W. 562
- Schulz, W. (m. Bild) 296
- Schütz, F. 705
- Sichling, K. 589
- Smeets, K. 422
- Sonnenfeld, H. f. (m. Bild) 421
- Spennrath, F. 324
- Stahl, R. 536
- Striengel, R. 480
- Vieweg, R. 647
- Wanner, K. W. 536
- Wirkler, G. H. f. (m. Bild) 221
- Wolff, Th. 648
- Wosnik, J. 562
- Zenneck, J. \*222, 296
- Zimmermann, W. 703

## III. Schrifttum

- Eingänge** 34, 66, 100, 132, 162, 190, 220, 248, 296, 326, 370, 398, 426, 454, 482, 510, 538, 566, 594, 622, 650, 678, 706, 734
- Zeitschriften**
- Technik und Recht. 397
- Buchbesprechungen**
- VDE-Fachberichte. Bd. 14 (1950). 589
- VDE-Vorschriften. 508
- VDE-Mitgliederverzeichnis 1951. 510
- Unternehmen der öffentlichen Versorgung 1950. 538
- Preis- und Tariffragen d. Energieversorgung. 65
- Philips-Taschenbuch für Elektroakustik und Tonfilmtechnik. 650
- Richtlinien für die Aufbereitung von Kesselspeisewasser und Kühlwasser. 593
- Vereinfachung der industriellen Produktion. 678
- Mittel der Rationalisierung. 190
- Jahrbuch der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. 247
- 30 Jahre Bayernwerk AG. 1921—1951. 706
- Handbuch der Maschinenindustrie. 397
- Advances in Electronics Bd. I u. II. 591
- Industrial Electronics Reference Book. 131
- Metallurgical Applicat. of the Electron Microscope. 98
- Varta-Auto-Atlas. 190
- Karte der Hochspannungsleitungen. Karte der Elektrizitätsversorgung. 397
- Kriegsfolgenkarte Westdeutschland 1939—1950. 162
- Gestaltung und Anwendung von Gummiteilen. 248
- Lexikon für technische Gummiwaren. 220
- Ammon, W.: Wärmelehre f. Ing. 98
- Arnold, A. G.: Elektrotechnische Sprechstunde. 733
- Aumund, H., u. H. Knaust: Hebe- und Förderanlagen. 482
- Bader, W.: Einführung in die Elektrotechnik. 1. Teil. 160
- Barbagelata, A.: Misure Elettriche di Laboratorio. 508
- Baudisch, K.: Energieübertragung mit Gleichstrom hoher Spannung. 481
- Bauer, M. H.: Die Materialwirtschaft. 397
- Beauclair, W. de: Verfahren und Geräte zur mehrdimensionalen Fouriersynthese. 160
- u. U. Sinogowitz f.: Untersuchungen über die Fouriersynthese der Landesverteilung in Kristallen. Bd. II: Phasenfaktorentafel. 620
- Beetz, W.: Meßwandler. 423
- Ben z, F.: Einführ. in die Funktechnik. 130
- : Grundlagen der Rundfunkentstörung. 537
- Berg, S.: Angewandte Normzahl. 509
- Bergmann, L., u. Cl. Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik. 160
- : Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. II: Elektrizitätslehre. 590
- Blatzheim, W.: Fachkunde für Elektriker. Teil 2: Elektrische Maschinen und Meßgeräte. 537
- : Fachkunde für Elektriker. Teil 4. 593

- : Fachrechnen für Elektriker (Teil IV A). 424
- Blöthner, M.: Die Technik der Fehlersuche in elektrischen Anlagen. 482
- Böhrrs, H.: Arbeit leichter gemacht. 100
- : Probleme der Vorgabezeit. 424
- Borchert, R., u. W. Jubitz: Infrarotstrahler zur Erwärmung und Aushärtung. 538
- ten Bosch, M. f.: Berechnung der Maschinenelemente. 734
- Bosse, G., s. R. Feldtkeller.
- Bouma, P. J.: Farbe und Farbwahrnehmungen. 731
- Bragg, L.: Elektrizität. 732
- Brandenburger, K.: Im Zeitalter der Kunststoffe. 132
- Bredow, H.: Aus meinem Archiv. 161
- Bretschneider, H.: Dechama-Informationstagung 1951. 566
- Broschat, E.: Zeichnen und Gestalten im Maschinenbau. 650
- Brügel, W.: Physik und Technik der Ultrarotstrahlung. 590
- Buchholz, F.: Das Begriffssystem Rechtsleistung, Wirkleistung, totale Blindleistung. 592
- Collatz, L.: Numerische Behandlung von Differentialgleichungen. 731
- Crantz, P., u. M. Hauptmann: Mathem.-phys. Biblioth., Bd. 5, 6, 9, 12. 97
- Cunit, E., s. P. Didier.
- Dassler, A.: Elektrochemie und ihre physikalischen Grundlagen. 508
- Daudt, W.: Einführung in die Hochfrequenztechnik. 508
- : Einführung in die Lehre von den komplexen Zahlen. 562
- Demuth, W.: Die festen Isolierstoffe der Elektrotechnik als Bau- und Austauschstoffe. 676
- Denis-Papin, M.: Cours de calcul matriciel appliqué. 480
- : Formulaire général de Mathématiques, Physique et Chimie. 590
- : La pratique industrielle des transformateurs. 732
- Didier, P., u. E. Cunit: Eisenhüttermann, schütze Dich! 100
- Diefenbach, W.: Ultrakurzwellen. 563
- Dietzel, F.: Dampfturbinen. 370
- Dillenburger, W.: Einführung in die neue deutsche Fernsehtechnik. 189
- Dobbeler, C. v.: Konstruktion elektrischer Maschinen. 481
- Droste, H. W.: DK-Berichte über Energiekabel. 733
- Drotschmann, C.: Bleiakkumulatoren. 591
- Dünner, E.: Einführung in die Elektrotechnik. 452
- Durrer, R.: Grundlagen der Eisen-gewinnung. 162
- Duschek, A.: Vorlesungen über höhere Mathematik. 422
- u. A. Hochrainer: Tensoranalysis II. 64
- Emde, F.: Quirlende elektr. Felder. 130
- Engel, H. G., u. K. Winter: Rundfunk ohne Störungen. 621
- Epping, G., s. O. Proempeler.
- Ernst, H.: Die Hebezeuge. 131
- Euler, H., u. H. Stevens: Die analytische Arbeitsbewertung. 189
- Fabel, K.: Deutsches Jahrbuch für die Industrie der plastischen Massen. 565
- Faltin, H.: Meßverfahren und Meßgeräte der Kraft- und Wärmewirtschaft. 188
- Feldtkeller, R., u. G. Bosse: Einführung in die Nachrichtentechnik. 563
- Filipowsky, R., s. G. Swoboda.
- Findeisen, F.: Neuzeitliche Maschinenelemente. I. Bd. 734
- Finkelnburg, W.: Einführung in das Studium der Physik. 508
- Fischer, F. A.: Grundzüge der Elektroakustik. 396
- Fleck, B.: Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen. 370
- Frérot, Ch.: La technique du chauffage électrique. 592
- Freitag, H.: Raumbexplosionen durch statische Elektrizität. 620
- Fritsch, V.: Grundz. d. angewandten Geoelektrik. 65
- Fuchs, F.: Grundr. d. Funktechn. 99
- Gebauer, R., u. C. Kleesattel: Über die Schwingungserzeugung durch geschwindigkeitsmodulierte Elektronenstrahlen in Triffröhren mit endlichen Feldstrecken. 246
- Gebelein, H., u. H.-J. Heite: Statistische Urteilsbildung. 452
- Gerlach, M.: Berechnung von Kurzschlußströmen in Hoch- und Niederspannungsanlagen. 705
- Gibas, H.: Messungen und Untersuchungen an Rundfunkgeräten. 160
- Grabner, A.: Elektrodynamische Starkstrommaschinen. 325
- Grave, H. F.: Gleichrichtermeßtechnik. 246
- Grierson, R.: Domestic Water Heating. 563
- Grimsehl: Lehrbuch der Physik. 2. Bd. Elektromagnetisches Feld. 648
- Grönegreß, H. W.: Brennhärten. 734
- Großstück, W.: Elektrotechnik. 564
- Gruber, B.: Uben mit 7 Formeln. 677
- Gundlach, F. W.: Grundlagen der Höchsfrequenztechnik. 369
- Günther, H., u. H. Richter: Schule des Funktechnikers. 4. Bd. Sondergebiete. 733
- Haaren, H., s. A. Naumann.
- Haas, Ph.: Altstoffe und Abfälle. 425
- Haberland, G.: Elektrotechnische Lehrbücher. 424
- Haettenschwiler, A.: Rückkehr zum Menschen in der amerikanischen Wirtschaft. 564
- Hantsche, K.: Taschenbuch der Fernsprech-Nebenstellenanlagen. 593
- Hasse, H.: Höhere Algebra. Bd. I: Lineare Gleichungen. Bd. II: Gleichungen höheren Grades. 537
- Hauptmann, M., s. P. Crantz.
- Heite, H.-J., s. H. Gebelein.
- Hermann, G., u. S. Wagener: Die Oxvdkathode. Bd. 2. 245
- Hesse, R.: Prakt. Regeln f. d. Elektroschweißer. 99
- Hettwig, E.: Fernsprech-Wählanlagen. 677
- Heyboer, J. P. f., u. P. Zijlstra: Senderöhren. 732
- Heyde, H.: Mechanik für Ingenieure. Bd. I: Statik/Dynamik. 733
- Hische, W.: Arbeitspsychologie. 453
- Hobrecker, H., s. O. Proempeler.
- Hochrainer, A., s. A. Duschek.
- Horn, H. A.: Brennschneiden (autogenes und elektrisches Schneiden). 565
- Humburg, K.: Die synchrone Maschine. 592
- Jordan, H.: Geräuscharme Elektromotoren. 620
- Jubitz, W., s. R. Borchert.
- Jungbluth, H.: Gießereitechnik. Bd. I: Eisengießerei. 734
- Kaden, H.: Die elektromagn. Schirmung i. d. Fernmelde- u. HF-Technik. 65
- Keil, K.: Handwörterbuch der Meteorologie. 509
- Kesselring, F.: Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte. 592
- Klaiber, E.: Die elektr. Ausrüstg. d. Kraftfahrzeugs. 99
- Klatt, E.: Langenscheidts Taschenwörterbuch. Englisch-Deutsch. 510
- Kleesattel, C., s. R. Gebauer.
- Kloninger, G.: Unfallsichere Gestaltung von hand- u. fußbetriebenen Pressen. 132
- Klosse, E.: Das Lichtbogenschweißen. 219
- Klotter, K.: Technische Schwingungslehre. Bd. 1: Einfache Schwingungen u. Schwingungsmeßgeräte. 593
- Kluss, E.: Einführung in die Probleme des elektrischen Lichtbogens und Widerstandsofens. 453
- Knaust, H., s. H. Aumund.
- Krabbe, U.: The Transduktor Amplifier. 246
- Kühne, F.: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 7: Neuzeitliche Schallfolienaufnahme. 189
- : Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 8: Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe. 189
- : Radio-Praktiker-Bücherei. H. 11: Mikrophone. 593
- Kunze, F.: Röhren-Taschentabelle. 537
- Kussy, W.: Elektr. Niederspannungs-Schaltgeräte. 33
- Lang, M.: Die energetischen Grundlagen der Kunststoff- und Gummiindustrie. 161
- Langer, M.: Der Wählerschnellbetrieb. 423
- Lapiné, M.: Les essais des Transformateurs industriels. 423
- Laporte, H.: Hochfrequenztechn. Feldstärkemessg. u. -registrg. 98
- : Messung und Berechnung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten aller Art. 621
- Lempelius, R.: Grundlagen der Elektrotechnik. II. Teil. 160
- Leunig, O.: Elektrotechnik für die Praxis. 649
- Lilienthal, D. E.: Das elektrische Stromtal Tennessee. 649
- Lindner, H.: Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung. 510
- Lückel, F., s. E. Schrieder.

- Ludin, A.: Die physio-geographischen Planungsgrundlagen für den Vollausbau des Rio Negro in Uruguay. 247
- Marchgraber, R.: Taschenlexikon für Meßpraktiker. 593
- Mauduit, A.: Installations élect. à haute et basse tension. 131
- Mayer, H.: Physik dünner Schichten. Teil I: Herstellung, Dickenmessung, optische Eigenschaften. 590
- Mende, H. G.: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 3: UKW-FM-Rundfunk in Theorie und Praxis. 189  
—: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 4: UKW-Empfang mit Zusatzgeräten. Heft 18/19: Radio-Röhren. 593
- Meyer zur Capellen, W.: Integraltafeln. 64
- Michael, W.: Ortskurvengeometrie in der komplexen Zahlenebene. 731
- Moeller, F.: Gleichstrommaschinen. 325
- Moslé, W.: Langenscheidts Taschenwörterbuch. Deutsch-Englisch. 510
- Mueller, H. F.: Kl. Handb. der Energiewirtschaft. 97
- Müller, E.: Elektrotechnisches Praktikum. 622
- Muttersbach, K.: Feststellung und Beseitigung von Fehlern an elektr. Maschinen, Transformatoren und Geräten. 564
- Naumann, A., u. H. Haaren: Fachkunde für Elektromaschinenbauer. 219
- Nesper, E.: Ein Leben für den Funk. 161
- Nesselmann, K.: Die Grundlagen der angewandten Thermodynamik. 565
- Niese, G.: Kleine Physik. 650
- Nottebrock, H.: Spulen. 649
- Nowak, A., u. F. Schilling: Vom Dipol zum Lautsprecher. 452
- Oberdieck, W., u. G. Rose: Fachkde. f. Rundf.-Mechaniker. 99
- Oberdorfer, G.: Rechenverfahren und allgemeine Theorien der Elektrotechnik. 325  
—: Die Ortskurventheorie der Wechselstromtechnik. 324  
—: Die Rolle Österreichs in einem europäischen Verbundnetz. 676
- Oehler, E.: Brennkraftmaschinen. 453
- Oldenbourg, R. C., u. H. Sartorius: Dynamik selbsttätiger Regelungen. 648
- Oldenburger, R.: Mathematical Engineering Analysis. 620
- Oppitz, A.: Kolbenmaschinen. 538
- Ottahal, F.: Elektroschweißtechnik und ihre Anwendung in der Praxis. 188
- Palm, A.: Registrierinstrumente. 563
- Pflieger, P. M.: Elektrische Meßgeräte und Meßverfahren. 591
- Piloty, H.: Die Rolle des Geistes in der Nachrichtentechnik. 451
- Pollack, H., s. F. Sommer.
- Pöschl, Th.: Statik u. Dynamik. 64
- Proempeler, O., H. Hobrecker, G. Epping: Taschenkalender für Grubenbeamte 1951. 426
- Raskop, F.: Rechnungsbuch des Elektromaschinenbauer-Handwerkers (Ankerwicklers). 219
- Ratheiser, L.: Rundfunkröhren. 564
- Relensmann, K.-H.: Fachgerechtes Lichtbogenschweißen. 132
- Renardy, A.: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 20: Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern. 593
- Reppisch, J.: Handbuch der Funk-Entstörtechnik. 621
- Richter, H.: Leitf. d. Techn. Wärmelehre. 34  
—: Hilfsbuch für Kathodenstrahl-Oszillographie. 622  
—: Fernsehen für alle. 733  
—, s. a. H. Günther.
- Rider, J. F.: Electronic Engineering Master Index 1949. 248
- Rjosk, H.: Fernämter. 676
- Roberts, R. S., s. W. J. Tucker.
- Rose, G., s. W. Oberdieck.
- Roth, A.: Hochspannungstechnik. 33
- Rummel, F. W.: Betriebs- u. Werkstatt-Rezepte. 248
- Rummel, Th.: Hochspannungs-Entladungsschemie und ihre industrielle Anwendung. 565
- Sammer, F.: Schwingungskreise mit Eisenkernspulen. 424
- Savelsberg, W.: Einführung in die Wärmelehre. 509
- Schaefer, Cl., s. L. Bergmann.
- Schatz, A.: Innenräumen. 678
- Schiebeler, C.: Der elektrische Antrieb der Hebefahrzeuge und Nahfördergeräte. 325
- Schiffel, R., u. F. Woletz: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 17: Prüfender für UKW-Empfänger. 189
- Schilling, W.: Stromrichtertechnik. 325
- Schilling, F., s. A. Nowak.
- Schimpke, P.: Kurzgefäßte Werkstoffkunde. 34
- Schmaltz, H. G.: Die Entlassung. 190
- Schmidt, E.: Einf. in d. Techn. Thermodynamik. 97
- Schober, H.: Das Sehen. I. Bd. 247
- Scholl, P.: Kühlschränke und Kleinkälteanlagen. 247
- Scholl, W.: Anhaltzahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie. 677
- Schönert, K., u. R. Eschelbach: Die mechanisch-technologisch. Prüfverfahren und ihre Anwendung 482
- Schönfeld, H.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. 732
- Schrieder, E., u. F. Lückel: Wärmewirtschaft. 396
- Schultheiss, K.: Der Kurzwellenamateur. 649
- Schweitzer, H.: Röhrenmeßtechnik. 98
- Schwenkhaagen, H. F.: Allgemeine Wechselstromlehre. 705
- Seidel, K.: Regeltechnik. 396
- Sequenz, H.: Wechselstrom-Ankerwicklungen (Bd. I von Die Wicklungen elektrischer Maschinen). 563
- Sieker, K.-H.: Einfache Getriebe. 425
- Sinogowitz, U. †, s. W. de Beauclair.
- Sommer, F., u. H. Pollack: Elektrostahl-Erzeugung. 188
- Steinle, H.: Kältemaschinenöle. 622
- Stevens, H., s. H. Euler.
- Streckler, F.: Praktische Stabilitätsprüfung mittels Ortskurven und numerischer Verfahren. 562
- Strutt, J. O.: Verstärker und Empfänger. 706
- Sutener, H.: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 1: Die neue U-Röhrenreihe und ihre Schaltungen. 189  
—: Radio-Praktiker-Bücherei. Heft 15: Moderne Zweikreis-Empfänger. 593
- Swoboda, G., u. R. Filipowsky: Wörterbuch d. Elektrotechnik. Engl.-Dt. 66
- Tölke, F.: Praktische Funktionenlehre. 1. Bd. 324
- Tolksdorf, A.: Was der Kranführer von seiner Arbeit wissen muß. 426
- Trendelenburg, F.: Einführung in die Akustik. 187
- Tucker, W. J., u. R. S. Roberts: Plastics for Electrical and Radio Engineers. 326
- Venzke, W. P.: Fernbedienungsanlagen im Energieversorgungsbetrieb. 621
- Völcker, E.: Elektrotechnik kurz und bündig. 247
- Wagener, S., s. G. Hermann.
- Walcher, Th.: Das Trockenleichter-Vielfachmeßgerät. 188
- Walter, M.: Relaisbuch. 481
- Weisse, E.: Erfindg., Patente, Lizenzen. 99
- Werner, E.: Metallische Überzüge. 425
- Werth, S.: Handbuch für Maschinenarbeiter. 566
- Westphal, W.: Physik. 65
- Wist, E.: Elektrische Maschinen der Kraftbetriebe. 161
- Witte, H.: Windkraftwerke. 130
- Woletz, F., s. R. Schiffel.
- Wolff, W.: Gas-Verkauf, Gas-Geräteverkauf. 594
- Zeller, W.: Technische Lärmabwehr. 677
- Zeunert, G.: Das Patenterteilungsverfahren. 220
- Ziegenberg, R.: Handbuch des Batterie- und Elementenbaues. 370
- Zijlstra, P., s. J. P. Heyboerff.
- Zumbühl, H.: Motoren. 706
- Zurmühl, R.: Matrizen. 64

## IV. Verbandsnachrichten

### Verband Deutscher Elektrotechniker

#### VDE-Bestimmungen

(Akr. = Außerkräftsetzung, And. = Änderung u. Nachträge, Entw. = Entwurf, Nf. = Neufassung)

Das VDE-Vorschriftenwerk. 704

VDE-Bestimmungen und Energiewirtschaftsgesetz. 295

Elektrizitäts-Sonderschutz. Ein Beitrag zum Recht der Technik. F. List. 381

VDE 0020/3.51 „Entwicklung u. Aufbau des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“

VDE 0022/3.51 „Vorschriftenwerk des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“

VDE 0024/2.51 „Prüfstelle u. Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“ Nf. 295



- VDE 0100 U „Übergangsvorschriften und Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V.“ *Änd.* 63
- VDE 0100 U/2.51 „Übergangsvorschriften und Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V.“ *Änd.* 395
- VDE 0100/VIII.44 „Steckvorrichtungen für ortsveränderliche Stromverbraucher.“ *Änd.* 535
- Entwurf neuer „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“ (VDE 0111). R. E l s n e r. \*662
- VDE 0111 „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber.“ *Entw. u. Nf.* 671
- VDE 0131/... 51 „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Elektrozäunen.“ *Nf.* 217
- Vorschriften für Elektrozaungeräte: VDE 0131 u. VDE 0667. *Akr., Nf.* 731
- Zum Neuentwurf von VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“. K. K r a p p. 598
- VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“. *Nf.* 619
- VDE 0171/IV.44 „Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel“. 535
- VDE 0183/IV.42 „Werkstoffeinsparung bei Abzweigleitungen“. *Akr.* 63
- VDE 0204 U. XII. 44 „Übergangsvorschriften für Zink für Elektrotechnik“. *Akr.* 159
- VDE 0204 U „Übergangsvorschriften für Zink für Elektrotechnik“. *Akr.* 395
- VDE 0208/1.51.; VDE 0209/1.51; VDE 0250/1.51; VDE 0284/1.51; VDE 0472/1.51. *Nf.* 31
- VDE 0208/II.45; VDE 0208 U/II.45; VDE 0250/XI.44; VDE 0250 U/II.45; VDE 0275/V.43; VDE 0275 U/VII.43; VDE 0283/IX.44; VDE 0284/V.43. *Akr.* 31
- VDE 0210 n/2.51 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen“. *Nf.* 31
- VDE 0210 U „Übergangsvorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen“. *Akr.* 217
- VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“. *Änd.* 598
- VDE 0252 K/V.43 „Kabel und Leitungen“. *Akr.* 421
- VDE 0252 K/V. 43 „K-Vorschriften für umhüllte Leitungen“. *Akr.* 561
- VDE 0255/IV.43 und VDE 0255 U/I.45 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen“. *Akr.* 31
- VDE 0255/2.51 „Vorschriften für Papierkabel in Starkstromanlagen.“ *Nf.* 31
- Neue Vorschrift für Papierbleikabel in Starkstromanlagen, VDE 0255/2.51. G. A. G r e f f u. F. S i m o n s. 148
- VDE 0265 „Vorschriften für Gummi-bleikabel und Kunststoffbleikabel in Starkstromanlagen“. *Entw.* 589
- VDE 0312/1929 „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff“. *Akr.* 507
- VDE 0312/1929 „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff“. 731
- VDE 0313/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe“. *Akr.* 507
- VDE 0313/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe“
- VDE 0318K/XI.44 „K-Regeln für Hartpapier u. Hartgewebe (Schichtpreßstoffe)“. *Akr.* 731
- VDE 0318 K/XI.44 „K-Regeln für Hartpapier u. Hartgewebe (Schichtpreßstoffe)“. *Akr.* 507
- VDE 0331/1932 „Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestzeugnissen“. *Akr.* 507
- VDE 0331/1932 „Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestzeugnissen“. 731
- VDE 0340 K/IX.44 „K-Vorschriften für Isolierband“. *Akr.* 507
- VDE 0340K/IX.44 „K-Vorschriften für Isolierband“ *Akr.* 731
- Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. L. M a u r e r. 353
- VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. *Nf.* 369
- VDE 0418 „Regeln für Elektrizitätszähler“. *Entw.* 479
- Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätszähler“, VDE 0418. 547
- VDE 0446/IX.41 „Regeln für Isolatoren für Starkstromfreileitungen“. *Nf.* 561
- VDE 0470 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren“. *Nf.* 704
- VDE 0480/XII.42 „Gegenüberstellung der Ländervorschriften und der IEC-Regeln für elektrische Meßgeräte“ *Akr.* 322
- Neubearbeitung der VDE-Vorschriften für Akkumulatoren „VDE 0510“. M. P ö h l e r. 310
- VDE 0510 „Vorschriften für Akkumulatoren“. *Nf.* 322
- VDE 0530 a/2.51 „Regeln für elektrische Maschinen“. *Nf.* 31
- VDE 0530 U „Übergangsregeln für elektrische Maschinen“. *Änd.* 31
- VDE 0530 a/2.51 *Änd.* 63
- VDE 0616/8.50 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V“. *Änd.* 561
- VDE 0616 „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V.“ *Änd.* 704
- VDE 0641/I.52 „Vorschriften für einpolige Leitungsschutzschalter bis 25 A 380 V“. *Nf.* 704
- VDE 0667/... 51 „Vorschriften für Elektronenzaun-Geräte für Netzanschluß“. *Nf.* 217
- VDE 0671/... 51. „Richtlinien f. d. probeweise Verwendung von Hochspannungsgeräten u. Schaltanlagen für Betriebsspannungen bis 10 kV“. *Nf.* 159
- VDE 0671 „Leitsätze für die probeweise Verwendung von Hochspannungsgeräten und Schaltanlagen für Betriebsspannungen bis 10 kV“. *Nf.* 671
- VDE 0710 „Leuchten“. *Änd.* 731
- VDE 0720/II.43. *Änd.* 32
- VDE 0720/11.50 „Elektrowärmegeräte“. *Änd.* 322
- VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ *Entw.* 479
- VDE 0800 U „Übergangsvorschriften für Fernmeldeanlagen“. *Änd.* 32
- VDE 0800/I.43 „Vorschriften für Fernmeldeanlagen“.
- VDE 0800 U./I.44 „Übergangsvorschriften für Fernmeldeanlagen“. *Akr.* 561
- Vorschriften für Installationsleitungen und Außenkabel für Fernmeldeanlagen. VDE 0815/16. 647
- VDE 0875/11.51 „Regeln für die Funkentstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräte)“. *Nf.* 619
- VDE 0875/... 51. Einführung von W. M e n n e r i c h. \*9
- VDE 0890/2.51 „Merkblatt über den Aufbau und die Verwendung isolierter Leitungen und Kabel in Fernmeldeanlagen“. *Nf.* 31
- Die neuen VDE-Bestimmungen f. isol. Starkstromleitungen. H. H e i n z e l m a n n. \*41
- Entwurf neuer VDE-Regeln für Isolatoren für Starkstromleitungen. H. M e y e r. 549
- Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräten). W. M e n n e r i c h. \*607

#### VDE-Prüfstelle



Arbeitsgebiet der VDE-Prüfstelle. 561  
VDE-Verbandszeichen für isolierte Leitungen. 507

#### Elektrotechn. Prüfstelle Berlin



Neue Geschäftsräume der Prüfstelle. 479  
Erloschene Prüfzeichenausweise. 421

#### ETZ

G. H. W i n k l e r f. H a r. M ü l l e r. 221  
P. J a c o t t e t. 536  
Messeheft 1951 d. ETZ. 38  
Messeheft 1952 der ETZ. 720

#### VDE-Verlag GmbH.

VDE-Verlag; Geschäftsführung. 63  
VDE-Fachberichte Bd. 13 (1949) B. 159

#### Jahresversammlung

Einladung zur 45. Jahresversammlung des VDE in Hannover. 321  
Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51. F. L a u s t e r. 330

Geleitwort zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. W e b e r. 327

VDE-Jahresversammlung 1951 in Hannover. K. H u m b u r g. \*483  
Hannover und die Elektrotechnik. K. H u m b u r g. 328

#### Bezirke des VDE

VDE-Mitgliedsbeitrag. 32  
Namensänderung Bezirksverein Frankfurt a. M. 395  
Sitzungskalender. 32, 63, 97, 129, 159, 187, 218, 245, 295, 322, 369, 395, 479, 535, 562, 589, 619, 647, 675, 704

#### Andere Verbände

Mitgliederversammlung des VDEW in Mainz. 186  
Arbeitsgemeinschaft Energie. 702  
DNA-VDE-Arbeitsausschuß „Elektrische Prüfverfahren für Isolierstoffe“. 63  
FNK-VDE-Arbeitsausschuß „Schichtpreßstoffe“. 244  
DIN 7735. „Typentafel der Schichtpreßstoffe“. 217  
Neue Elektronormen. 392, 588, 618  
Übersetzungen von CEE-Empfehlungen. 535  
Internationale Zusammenarbeit. 395  
Unesco-Sekretariat in Deutschland. 702





## B. Namenverzeichnis

Verfasser von Büchern sind nicht hier, sondern unter A III im Sachverzeichnis aufgeführt; Persönliche Nachrichten s. unter A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: \* = größerer Aufsatz, B = Berichtigung, Bespr. = Buchbesprechung, Brf. = Brief a. d. Schriftl., Fachb. = Fachbericht.

Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Wörter mit Umlauten sind den gleichartigen Wörtern mit einfachen Lauten nachgestellt.

- Alberman, K. B.: Ein kleiner Hochtemperatur-Hochvakuumofen. 556
- Alf, F.: Neues Verfahren zur Messung der Hochfrequenz-Wirkleistung bei selbsterregten Sendern. \*541
- Alter, S., u. F. Schoof: E. Besag f. 322
- Anderfuhren, E., W. Peter u. H. Künzler: Untersuchungen an Nummernschaltern. 698
- Andres, M.: Neue Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Kollektoren. 725
- Andresen: Über einen neuen bleilosen Kabelmantel. Fachb. 486
- Andrews, H.: Elektr. Wiegen. 27
- Anschütz, H.: Blindstromkompensation bei Frequenz- u. Spannungsschwankungen im Drehstromnetz. \*137
- Anthes, H.: H. Nehlsen f. 218
- Apperson, J. W., u. E. F. Hansen: Ein Instrument zur Messung der magnetischen Hysteresis. 667
- Archer, H. M.: Ultraviolettbestrahlung für Entkeimungszwecke. 667
- Arends, J. L.: Der „Flotor“, ein neues Schaltelement. 698
- Arnold, W. R.: Ein 500 kV-Linearbeschleuniger mit Selengleichrichtern. 583
- Aschoff, V.: Die Technik der menschlichen Mitteilung. \*140  
— Bespr. 396, 451.
- Abmus, F.: Verbiegungseinfluß bei Kernblechen aus Mumetall. 243
- Astuni, E.: Elektrische Maschinen mit neuem Ankersystem. 207
- Athen, H.: Automatische Grobrehmaschinen. \*518
- Amont, R.: Kontinuierlicher Temperaturregler mit Thyatron. 55
- Auwärter, M., s. A. Kußmann.
- Baatz, H.: Blitzschlag-Messungen in Freileitungen. \*191
- Babits, V. A., u. H. F. Hicks: Elektrische Farbfilter. 319
- Bader, W.: Umwandlung d. Einphasenlast in symmetr. Drehstromlast. Brf. 63  
— Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen. Fachb. 489  
— Fritz Emde f. \*511  
— Bespr. 732
- Bähre, W.: Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätszähler“, VDE 0418. 547
- Baker, R. M.: Induktionsheizung mit querlaufendem Feld. 615
- Bandmer, J., s. M. Knoll.
- Banik, E.: Explosion einer elektrischen Gasreinigungsanlage. 577
- Bardtke, H.: Bespr. 189
- Barnett, G. F., s. P. Greebler.
- Barthel, A.: Platin-Widerstandsthermometer für Temperaturmessungen bis 750 °C. 555
- Bas-Taymaz, E.: Lebensdauer einer glühenden Wolframwendel. 502
- Baudart, G. A.: Stromsorgen der amerikanischen Aluminium-Industrie. 553
- Basu, N. C., s. L. W. Matsch.
- Bauer, H.: Bespr. 480
- Bauer, R.: Fortschritte im Bau von Trockenspannungswandlern. Fachb. 494
- Beale, F. S.: Eine Multiplexanordnung mit hoher Trägerstabilität und geringer Störanfälligkeit. 415
- Beelow, E.: Bespr. 190
- Beggs, E. W., u. H. W. Graybrook: Wechselstrom-Leuchtstofflampen für die New Yorker Untergrundbahn. 584
- Béguin, M. Ch., u. G. Maugard: Fehlerortsbestimmung auf Leitungen durch oszillographische Beobachtung eines Impulses. 237
- Beldi, F.: Die Stoßprüfung von Transformatoren. 238
- Benjamin, Hale, Carstensen u. Tomkins: Neue elektrische Instrumente für medizinische Diagnostik. 414
- Bennett, A. E., u. K. A. Gough: Einfluß der Betriebsbedingungen auf den Bau von Kondensatoren. 86
- Bergmann, E.: Stabilisierung des Schweißlichtbogens durch Hochfrequenz. \*679
- Bergtold, F.: Magnetfeldstreuung an den Rändern von Luftspalten. \*111
- Bernard, M.: Gleichstrom-Rechentafel (Netzmodell) der Französischen Staatsbahnen. 28
- Berndt, W., H. Bosse u. W. Kloepfer: Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunkanlagen. Fachb. 493
- Bette, H.: Bespr. 621
- Beurle, R. L.: Elektronische Blindleitgeräte. 586
- Beyer, R. T., u. Ming-Yi Wei: Erweiterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. 241
- Biedendieck, C. H.: Elektrische Sondendruckmessung in Erdölbohrungen. 443
- Bierl, R.: Über den wahren Frequenzgang bei der Aufnahme und Wiedergabe nach dem Magnettonverfahren. 642
- Biermanns, J.: Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung. Brf. 130
- Bingel, J.: Thermobimetalle. 617
- Biondi, M. A.: Ultrakurzwellen-Gasentladungen. 642
- Blaber, M. P.: Das Wirbelrohr nach einer für Demonstrationen geeigneten Form. 242
- Blaha, F., u. J. A. Schelding: Sichtbare Magnetfeldlinien mit Hilfe von Gasentladungen. 615
- Blake, J. T., D. W. Kitchin u. O. S. Pratt: Zerstörung v. Gummiisolation durch Mikroorganismen. 30
- Blase, J.: Der Einfluß der wiederkehrenden Spannung auf den Kurzschlußabschaltvorgang von Leistungsschaltern. 665
- Blechs Schmidt, E., s. G. Zickner.
- Blegen, J. R.: Messung der Brennbarkeit an dünnen Folien und Geweben. 670
- Blomqvist, E. A. E.: Schwedische Wasserkraft — ein Rückblick und Ausblick. 151
- Blum, W.: Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse. Fachb. 490
- Böcker, H.: Der Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau. Fachb. 485
- Boggli, Ch.: Vorverstärker mit Entzerrer für Schallplatten-Wiedergabe. 184

- Boisseau, A. C., B. W. Wyman u. W. F. Skeats: Die Entionisationsdauer bei Lichtbogen-Überschlägen an Isolatoren. 472
- Bollenrath, F.: Elektrostatisches Spritzlackieren und Tropfenabziehen. 157
- Böning, P.: Isolatoren. Fachb. 487  
—: Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und zum Speisen von Telephoniegeräten. Fachb. 494
- Borsch, E.: Bespr. 593
- Bosse, H., s. W. Berndt.
- Both, C.: Großwasserkräfte am Wolga-Knie. 120
- Bowen, A. E., u. W. W. Mumford: Neue Mikrowellentriode als Modulator und Verstärker. 696
- Boyajian, A.: Wahrscheinlichkeitspapier in der Ingenieurpraxis. 29
- Boyle, A. R.: Elektrisches Viskosimeter. 238
- Branchu, P.: Abschalten kleiner u. entfernt liegender Kurzschlüsse in Bahnanlagen. 27
- Brandt, H.: Bespr. 649, 650, 733
- Brandt, O., u. T. Hagman: Konstruktion echofreier akustischer Meßräume. 559
- Bredtner, R.: Meßgeräte für Fernsehempfänger. Fachb. 492
- Bresson, Ch.: Über bemerkenswerte Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen. 723
- Bresson, R.: Zweileistungsschalter für Haushaltsabnehmer. 87
- Brey, R.: Hochsp.-Gleichrichter mit Pufferkondensatoren. 121
- Bril, A., u. F. A. Kröger: Sättigung der Fluoreszenz in Fernsehempfangsröhren. 639
- Brokmeier, K. H.: Über ein Beukenmodell kleinster Abmessungen. \*525
- Brokmeier, K. H.: Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforchung. Fachb. 489
- Brüche, E.: Bespr. 98
- Brückner, P.: Die Elektrotechnik auf der Technischen Messe Hannover 1951. \*399
- Buck, G. B.: Korrektur lichtempfindlicher Zellen auf Einfallswinkel und spektrale Energieverteilung des Lichtes. 170
- Burgholz, R.: Ein Meßwertumformer nach dem Frequenzverfahren. 183
- Burstyn, W.: Eine Berechnung der Loschmidtschen Zahl. 552
- Buschmann, H.: Bespr. 99
- Bush, H. D.: Die Abweichung vom Rayleighschen Gesetz der Magnetisierung eines ferromagnetischen Werkstoffes. 587
- Buß, G.: Bespr. 733
- Bykow, E. I., s. W. A. Tumanow.
- Calosi, C.: Die Verwandlung elektromagnetischer Energie höchster Frequenz in Wärme. 503
- Camilli, G.: Einleiter-Stromwandler. 639
- Campbell, W. E., s. C. Kittel.
- Capitain, H., s. H. Rückert.
- Carrer, A.: Neues über den Bau von Metaumformern. 694
- Carroll, J., s. W. S. Peterson.
- Carstensens, Benjamin.
- Carqué, F.: Funk-Entstörung u. Elektroindustrie. \*7  
—: Bespr. 537, 621
- Chamayou, M. H.: Der Vollausbau der Wasserkräfte des Ossautales und des Bious-Wasserfalles. 721
- Cheek, R. C., s. E. L. Harder.
- Cioffi, P. P.: Ein schreibender Flußmesser hoher Genauigkeit. 210
- Clapp, R. H.: Thermionenbildung in gasgefüllten Glühlampen. 211
- Claubnitzer, W.: Aluminiummängel bei Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung. Fachb. 486  
—, u. H. Heumann: Bestimmungen einiger Potentialfelder in Kabeln an Modellen aus halbleitendem Papier. 638
- Clayton, J. M., s. E. L. Harder.
- Cloud, R. W., s. J. G. Trump.
- Cone, D. I., u. C. V. Fowler: Erweiterungen im Fernsprechnet der USA-Westküste. 92
- Coulson, N.: Ein Thermoinstrument zur Messung kleiner Hochfrequenzspannungen. 473
- Cozzens, B., s. W. S. Peterson.
- Cramer, C. H., s. E. L. Newell.
- Crawford, E.: Technische Ultraschallgeber. 318
- Crouch, C. L.: Warum 300 lx Mindestbeleuchtungsstärke für Schulräume? 124
- Cuccia, C. L., u. J. S. Donal: Der Elektronenkoppler. 184
- Curion: Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen. Fachb. 489
- Czech, J.: Lichtstrom-, Strom- und Spannungsverlauf bei Leuchtstofflampen. 414
- Czepek, R.: Holztrocknung mit Elektrowärme. 640
- Dahlböm, C. A., A. W. Horton jr. u. D. L. Moody: Wechselstrom-Impulsbetrieb zum Herstellen von Fernverbindungen im amerikanischen Fernsprechnet. 154
- Dekker, P., s. Ph. Schneider.
- Denecke, W.: Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz. Fachb. 494
- Dennhardt, A.: Entwicklungsrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung. Fachb. 489  
—, u. K. Sachs: Zur Frage der Weiterentwicklung des Problems der Funkbeeinflussung. Stellungnahme zum HF-Gesetz. 586
- Deutsch, K.-H.: Bespr. 452
- Deverdin, D. L.: Elektronenoptische Untersuchung der Raumladung in einem Magnetron. 588
- Devèze, H.: Stat. u. dynam. Magnetostraktion v. austenitischen Eisen-Nickel-Legierungen. 95
- Diehl, M. G.: Mechanischer Abrieb von Schaltstücken. 387
- Diamond, C. C., s. L. R. Spaulding.
- Dietrich, W.: Bespr. 621
- Dietsch, Ch., u. P. Henri et Larrue: Vereinfachter Schutz von Transformatoren. 412
- Dietzmann, O.: Bespr. 566, 678
- Dilgen, B.: 220 kV-Kondensator-durchführung mit Öl-Papier-Dielektrikum. 153
- Dirac, A. M.: Magnetische Punkte. 214
- Dobbeler, C. v.: Unsymmetrische Drehstromwicklungen. \*203
- Dodd, S. H., H. Klemperer u. P. Youtz: Eine elektrostatische Speicherröhre. 727
- Donal, J. S., s. C. L. Cuccia.
- Dorfer, M.: Bespr. 453
- Dorn, H.: Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung. Fachb. 487
- Douma, T. J.: Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen aus Gleichstrom. 156
- Doyal, G. M., s. F. G. Hamner.
- Draeger, H., u. H. Scheuß: Pressen oder Preßspritzen von Isolierstoffteilen. 683
- Dreher, F.: Bespr. 482
- Drehmann, A., u. L. Lenninger: Drehmomenteinsattelungen, Störtöne und Rüttelkräfte bei Kurzschlußläufer-Motoren als Folge un-zweckmäßiger Läufernutenzahlen. \*435
- Dreyer, H.-J.: Bespr. 160, 620
- Dreyfus-Graf, J.: Der phonetische Steno-Sonograph. 700
- Düll, H.: Drahtfernmeldetechnik. Fachb. 490
- Düsing: Elektr. Glasbearbeitg. 30
- Ebers, J. J., s. O. Heil.
- Edler, H.: Der Einfluß der Ankerlagerung auf Lebensdauer und Meßgenauigkeit von Elektrizitätszählern. \*167  
—: Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern. Fachb. 493
- Egger, A., u. H. H. Meinke: Widerstandsmessung bei hohen Frequenzen mit verlustlosen Vierpolen. 209
- Eggers, H. R.: Bespr. 396
- Egolf, M.: Eine neue wärmebeständige Isolation auf Asbestbasis. 670
- Ehlers, G.: Bespr. 132, 248  
—: s. a. E. Wandenberg.
- Eisenberg, A.: Bespr. 677
- Ekstein, H., u. T. Gilbert: Der Mechanismus der Rückwärtsmagnetisierung in einem anfangs gesättigten ferromagnetischen Werkstoff. 417
- Ekwall, S.: Fahrzeuggesteuerte Verkehrssignale. 585
- Elenbaas, W., u. T. Holmes: Eine unmittelbar zündende Leuchtstofflampe in Reihe mit einer Glühlampe. 239
- Elsner, R.: Entwurf neuer „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“ (VDE 0111). \*662
- Engel, B.: Erosions- u. Korrosionsschäden bei schweren Heizölen als Brennstoff. 128
- d'Entremont, F. R., s. Pfuntner.
- Erbacher, W.: Aufbau und Anwendung des österreichischen Netzmodelles. 208  
—: Energietransport über parallelgeschaltete Leitungen. 530
- L'Estrange, E. L., s. C. H. Flurschheim.
- Euler, J.: Tagung der Nordwestdeutschen Gesellschaft e. V. in Braunschweig. 449  
—: Physikertagung in Karlsruhe. 645  
—: Bespr. 508

- Fahlenbrach, H.: Das Thermometall mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung. \*337
- Falk, C. J., s. T. R. Hand.
- Fark, H.: Physikalische Erklärung des Dreielektrodenkristalls und dessen moderne Anwendung. 690
- Farrell, R. B., s. E. J. Larsen.
- Fayoux, M. P.: Auslenkungen von Isolatorenketten. 554
- Feher, K., u. G. Kurtze: Selektiver Tonfrequenzverstärker nach dem RC-Prinzip. 126
- Feldtkeller, R.: Nachrichtentechnik. \*365  
—: Bespr. 324, 731
- Ferroni, v.: Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographie. Fachb. 494
- Festl, E.: Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand. \*173
- Fischer, G. O.: Bespr. 424, 482, 537, 593, 677
- Fischer, K. H.: J. Zenneck, dem Altmeister der drahtlosen Telegraphie, zu seinem 80. Geburtstag. \*222  
—: Bespr. 98
- Fischer, U.: Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen. Fachb. 486
- Fisher, C. P.: Eine Ausstellung auf Rädern. 450
- Fisher, L. H.: Der Funkendurchbruch in Gasen. 628
- Fürschem, C. O., u. E. L. L'Éstrange: Gesichtspunkte beim Entwurf von Druckluftschaltern. 442
- Foretay, E.: Bleikabel-Korrosion. 153
- Forgue, S. V., s. P. K. Weimer.
- Forster: Neues Verfahren zur Steuerung eines Stromrichtergetriebes Umkehrantriebes. Fachb. 489
- Fowler, C. V., s. D. I. Cone.
- Franck, R. E., s. R. A. Pfuntner.
- Franke, E.: Neue korrosionsbeständige Werkstoffe im Ausland. 729
- Franke, W.: Neuartige Bedienung von Kohlenlagerplätzen. 314
- Franken, H.: Anwendungsgrenzen von Keramik- u. Harzpreßteilen i. d. Elektrotechnik, insbesondere im Niederspannungs-Schaltgerätebau. \*133  
—: Bespr. 33
- Frägarth, K. F., s. D. Zetterholm.
- Fraunberger, F.: Bespr. 648
- Fremont, H. A., s. L. R. Koller.
- Frerichs, R.: Cadmiumsulfid-Empfänger für Röntgenlicht. 214
- Fricke, H.: Bespr. 508, 564
- Fritsch, V.: Geoelektrische Untersuchungen in der Blitzschutztechnik. 313  
—: Geoelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern. \*717
- Fritz, I. C.: Bespr. 565
- Fritze, E.: Elektrische Erscheinungen an Blutzellen. 532
- Frügel, F.: Ein Großstroboskop. 267
- Führer, R.: Hörzeichen im Fernsprech-Wählverkehr. 641
- Furrer, W., A. Lauber u. P. H. Werner: Die Lärmbekämpfung in Betriebsräumen. 646
- Galt, J. K., s. C. Kittel.
- Gangl, O. A.: Elektrifiz. von Venezuela. \*10
- Garman, C. P., s. E. W. Rockwell.
- Garrard, C. J. O., s. H. F. Jones.
- Gasser, O.: Prüfung von Höchstspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchungen. Fachb. 486
- Gast, Th.: Elektr. Feinmessung an Kunststoffen. 90
- Gathmann, H., s. H. Schiesser.
- Gauger, R.: Verzerrungsfreie Verstärkungen von Gleichstromimpulsen mit einem Wechselstromverstärker. 125
- Geisel, H., s. H. Haller.
- Gemperle, H.: Dynamische Unterwassermikrophone und -lautsprecher. \*599
- Geppert, M. P.: Statistische Fabrikationskontrolle. 701
- Gieffers, F.: Bespr. 592
- Gilbert, T., s. H. Ekstein.
- Gion, L., s. P. Schuepp.
- Giesbergs, H.: Elektrodynamische Schlupfkupplungen. 637
- Gilbert, J. J.: Ein Seekabel mit Unterwasser-Verstärkern. 697, 727
- Glubrecht, H.: Elektrisches Rechenggerät für Gleichungen höheren Grades. 419
- Goldstein, H.: Bespr. 508
- Gombel, H.: Röntgenologische Materialuntersuchung. 560
- Goodrich, R. R., s. P. K. Weimer.
- Gordy, T. D.: Geräuschbildung von Leistungstransformatoren. 669
- Goswinkler, M.: Elektroakustische Geräte m. Seignettesalz-Kristall. 59
- Gottwald, F., u. R. Vieweg: Wasser- u. Luftlager für die Feinmechanik. 128
- Gough, K. A., s. A. E. Bennett.
- Gould, G. G., u. E. Krupotisch: Frequenzstabilisierung von Wechselstromgeneratoren bei schwankender Antriebsdrehzahl. 121
- Gould, H. L. B.: Magnetkerne aus dünnem Band, isoliert durch Katalyse. 94
- Graf, U., u. K. Roewer: Statistische Methoden in der Elektroindustrie. \*1  
—: Bespr. 97, 324, 452, 537, 590, 731
- Graffunder, W., u. H. Schultes: Kennlinien-Meßgeräte. 413
- Graßmann, A.: Entwicklung der englischen Elektrizitätswirtschaft. 311  
—: Die Elektrifizierung der Sowjetunion. 383
- Graybrook, H. W., s. E. W. Beggs.
- Greebler, P., u. G. F. Barnett: Wärmeübertragung belasteter Kabel in Röhren. 150
- Greff, G. A., u. F. Simons: Neue Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen, VDE 0255/2.51. 148
- Gremminger, G.: „Die Elt“? 216
- Gries, K.: Die Kennlinien der Blei- und Stahlakkumulatoren und ihre Auswertung in den wichtigsten Anwendungsgebieten. 444
- Gropp, F.: Synchron- und gleichfalls Asynchrongeneratoren in großen Dampfkraftwerken? 114
- Grosse-Brauckmann, H.: Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte. Fachb. 494
- Großkopf, H.: Ein Kondensatormikrophon mit Netzanschluß. Brf. 422
- Gruber, W.: Elektronisches Gerät zur Regelung der Lichtstärke von Fluoreszenzbeleuchtungs-Anlagen. 667
- Grün, A.: Steuern u. Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyratrons. \*35, B. 162
- Grunert, W.: Ein neues Meßgerät für Netzoberwellen. Brf. 619
- Grützmaier: Elektrophysik und Elektroakustik. Fachb. 494
- Gudmunsson, N.: Entwicklung und Zukunftsaussichten der Eisenbahnen. 154
- Gundlach, F. W.: Hochfrequenztechnik. Fachb. 492  
—: Bespr. 649, 732
- Gunn-Russell, C., s. H. B. Rantzen.
- Güntherschulze, A.: Vakuum- und Gasgleichrichter. \*573
- Gurwitsch, W. G., s. W. A. Tumanow.
- Gutmann, F.: Direkt anzeigendes Meßinstrument für den Serienwiderstand. 316
- Gutmann, H.: Bespr. 481
- Haaijman, P. W., s. E. J. W. Verwey.
- Häck, F.: Zerspanen mit Hilfe des elektr. Lichtbogens. 91
- Hackett, N.: Die neue Schiller-Station, ein Quecksilberdampf-Kraftwerk. 118  
—: Krafterzeugung in Quecksilberdampf-Kraftwerken. 665
- Hagennuth, J. H.: Neues Hochspannungslaboratorium. 583
- Hagman, T., s. O. Brandt.
- Hagopian, R. H.: Lastanpassung an Hochfrequenzgeneratoren. 616
- Hähnle, S.: Die Anwendung radioaktiver Isotope in der Technik. 243
- Hajek, H.: Bespr. 132
- Hale, s. Benjamin.
- Haller, H., u. H. Geisel: Bestimmung der Motornennleistung für den Antrieb von Riemenfallhämern. 153
- Hämmerling, F.: Über die Auslegung der Zählwerke in Elektrizitätszählern. 576
- Hamner, F. G., u. G. M. Doyal: Unbewehrtes Seekabel mit abgestuften Leiterquerschnitten. 637
- Hand, T. R., u. C. J. Falk: Automatische Qualitätsüberwachung bei der Serienproduktion. 29
- Hansen, E. F., s. J. W. Apperson.
- Hansen, W. H.: Bespr. 220, 397, 454, 538, 566
- Hanson, E. P., s. J. G. Trump.
- Happoldt, H.: Schiefelast von Drehstromgeneratoren. \*6, B. 100
- Harder, E. L., R. C. Cheek u. J. M. Clayton: Spannungsregelung v. Drehstr.-Generatoren bei Stoßbelastung. 88
- Harder, E. L., u. W. E. Marter: Relaischutz von Hochspannungsleitungen in den USA. 471
- Harlem, J. van: Ferromagnetische Resonanz. 241

- Hartmann, C., s. H. H. Rust.
- Haug, A.: Ein Resonanzverfahren zur Messung der Impedanz bei ultrakurzen Wellen. 559
- Hauteville, T. v.: Das Wärmeimpuls-Verfahren. Fachb. 488
- Hebel, M.: Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernnetz. Fachb. 491 — : Bespr. 423, 676
- Heidebroek, E.: Verschleiß bei geschmierter Grenzreibung. 669 — : Ein Beitrag zur Struktur der Technischen Hochschulen. 730
- Heil, O., u. J. J. Ebers: Ein neuer Breitband-Hochfrequenzoszillator. 213
- Heiles, F.: Lüftung von Transformatorenkammern. 543
- Heintzenberg, Fr.: Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881). \*349
- Heitzmann, F.: Neuartige Isolierung für Fernsprech-, Tf- und Hf-Kabel und -leitungen. Fachb. 491
- Heinzelmann, H.: Die neuen VDE-Bestimm. f. isolierte Starkstromleitungen. \*41
- Heller, B., J. Hlavka u. A. Veverka: Stoßspannungserscheinungen in Transformatoren. 531
- Hemardinquer, P.: 200 000 Volt durch kleine elektrostatische Generatoren. 695
- Henket, N. H.: Elektrische Installation in einer chemischen Fabrik. 701
- Hennig, K. W.: Bespr. 424
- Henninger, P.: Dielektrische Untersuchungen an der Papierfaser. 477
- Henriet et Larrue, P., s. Ch. Dietsch.
- Henson, R. D.: Gehört der Ingenieur zu den Akademikern? 534
- Herhahn, A.: Bespr. 248
- Herlitz, J., u. N. Knudsen: Wirtschaftlicher Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen zur Stabilisierung der Kraftübertragung über große Entfernungen. 471
- Hermanson, C. H., s. H. R. Johnston.
- Hetzer, K. G.: Bespr. 564, 678
- Heumann, H., s. W. Claubnitzer.
- Heydorn, A.: Die Übertragungsfähigkeit kurzer elektrischer Kraftleitungen und ihre Erhöhung durch Nebenschluß- und Reihenkondensatoren. 441
- Hicks, H. F., s. V. A. Babits.
- Higham, J. B., u. J. M. Meek: Elektrische Gradienten in langen Funkenkanälen in Gasen und die Ausdehnung der Funkenkanäle. 728
- Hlavka, J., s. B. Heller.
- Hochberg, B. M., u. M. N. Reinow: Der Vorteil von Hochspannungskabeln mit Schwefelhexafluorid-Gasfüllung. 386
- Hochhäusler, P.: Die Verbesserung des Kondensator-dielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und -tränkung. \*357
- Hoffmeister, W.: Bespr. 508
- Höfler, E.: Dampfkraftwerk Skopje. 471
- Hofmeier, W.: Der Außenhandel der Elektroindustrie. 312
- Hofstetter, H.: Deckenstrahlungsheizung mit Heizkabeln. 211
- Hohm, H., u. E. Maß: Die Strömungslöschkammer und ihre Anwendung im ölarmen Druckausgleichschalter. \*263
- Holleufer, W.: Bestimmung der Kurvenform elektrischer Wechselgrößen mit dem Vektormesser. \*199
- Holmes, T., s. W. Elenbaas.
- Holtz, W.: Entwicklung und Stand der West-Berliner Elektroindustrie. 179
- Holzwarth, B., u. G. Ulbricht: Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation. Fachb. 493
- Homewood s. H. Pearce.
- Homolatsch, E.: Bespr. 733
- Höpfwieser, E.: Der Ipsi-therm-Motorschutz. 695
- Hoppe, H.: Aufhebung der Feldschwächung bei Motoren im Straßenbahnbetrieb. 389
- Hoptroff, V. G., u. G. I. R. Rosevear: Die Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten. 209
- Horcher, G. R., s. L. W. Matsch.
- Horn, H.: Bespr. 426
- Horton jr., A. W., s. C. A. Dahlbom.
- Hotz, E.: Rationalisierung und Technische Hochschulen. 420
- Hueter, E.: Hochspannungs- und Meßtechnik. 362
- Hull, H. L., s. H. R. Johnston.
- Humburg, K.: Hannover und die Elektrotechnik. 328 — : VDE-Jahresversammlung 1951 in Hannover. \*483 — : Bespr. 161
- Hunt, E. C.: 108 sind ausgefallen. 532
- Huxley, C. E.: Einsatz von Neopren u. „kaltem Gummi“ bei elektr. Kabeln. 29
- Ifland, H.: Bespr. 160, 537
- Imhof, A.: Kunstharz-Trockenmeßwandler. 555
- Jabbusch, G.: Zweckmäß. Arbeitsmethoden beim Vorwärmen härter Preßmassen im HF-Feld. 91
- Jacottet, P.: Bespr. 65
- Jahn, H., s. F. Pawleck.
- James, W. H.: Die Baukonstruktionen des Osborne-„B“-Kraftwerks. 722
- Jansen, M. J., s. H. J. Lemmens.
- Janssen, J. M. L.: Ein experimenteller „stroboskopischer“ Oszillograph für Frequenzen bis ungefähr 50 MHz. 558
- Jekelius, K.: Innere Kapazität einer Spulenwicklung mit vielen Windungen. 505
- Jellinghaus, W.: Gleichspannungsverstärker als Kraftverstärker u. Temperaturregler. 123
- Jensen, M.: Zur Strahlung von Freileitungen. 76
- Jerome, Ch. W., s. E. C. Payne.
- Jerrard, H. G., u. W. Punnett: Ein elektronischer Drehzahlmesser. 726
- Johannsen, F.: Bespr. 188
- Johnston, H. R., C. H. Hermanson u. H. L. Hull: Stereoskopisches Fernsehen. 699
- Jones, H. F., u. C. J. O. Garrard: Bezeichnung und Betriebsweise von Überspannungsableitern. 314
- Jordan, H.: Elektromagnetische Schwingantriebe. Fachb. 488
- Jung, K.: Bespr. 65
- Kade, F.: Bespr. 424
- Kalusche, H.: Ein Kondensatormikrophon mit Netzanschluß. Brf. 422
- Kaltoven, A.: Das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet. \*707
- Kangro, W.: Bespr. 591
- Kappler, E., E. Rüchardt u. R. Schläffer: Kontaktwiderstand in Abhängigkeit von der Kontaktlast. 318
- Kar, J.: Berechnungsanlagen. 91
- Kaufmann, W.: Wirbelstromverluste in elektrischen Geräten. 580
- Keibel, W.: Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte. Fachb. 490
- Kegel, K.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen. Fachb. 488
- Keil, A., u. C.-L. Meyer: Der Einfluß des Faserverlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten. \*343
- Keller, A.: Neuer Trafo-Ubersetzungsmesser. \*463
- Kind, W.: Wie steht es um den Elektropflug? \*438 — : Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg. 546, 670
- Kirch, G.: Neue Bauformen der Expansionsschalter. Fachb. 487
- Kirkpatrick, P.: Ein Weg zur Röntgenstrahlen-Mikroskopie. 560
- Kirschstein, F.: Gleichzeit. Modulation einer Trägerwelle in Amplitude u. Frequenz. 54
- Kirste, L.: Ingenieur-Studium in den USA. 149
- Kitchin, D. W., s. J. T. Blake.
- Kittel, C., J. K. Galt u. W. E. Campbell: Experimentum Cruci für die Bestätigung der Einzelbereichseigenschaft feiner ferromagnetischer Pulver. 242
- Klein, K.-H.: Elektrische Steuerungen für Exzenterpressen. \*631
- Kleinsteuber, W.: Bespr. 132, 248
- Kleinwächter, H.: Eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung. \*714
- Klemm, W.: Bespr. 622
- Klemperer, H., s. S. H. Dodd.
- Kloepfer, W.: Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funk-spruchverkehrs. Fachb. 492 — : s. a. W. Berndt.
- Kloss, M.: Starkstromerzeugung durch Windmotoren. 201 — : Ersatz-Kurzprüfzeit für elektrische Maschinen beim aussetzenden Betrieb (AB). \*233, Brf. 235
- Kluss, E.: Elektr. Unsymmetrie in Hochstromleitungen großer Drehstrom-Schmelzöfen. \*115 — : Bespr. 33, 64, 325, 422, 620, 648, 650, 705, 732
- Klutke, F.: Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten ohne Elektroden. 387
- Knappe, W.: Die Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen. \*224
- Knoll, M., u. J. Bandmer: Ladungs-Bildspeicherröhren mit Speichergitter. 317
- Knudsen, N., s. J. Herlitz.
- Koch, W.: 50 Jahre Wuppertaler Schwebebahn. 139 — : Die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten. \*651

- Kohler, K.: Statische Berechnung von rechteckigen stählernen Freileitungsmasten für Verdrehungsbelastung. Brf. 536  
—: Bespr. 65, 563, 733
- Kohn, S., s. M. M. Langlois-Berthelot.
- Kollath, R.: Szintillations- u. Kristallzähler. 127  
—: Bespr. 591
- Koller, L. R., u. H. A. Fremont: Negative Korona an Drähten bei hohem Druck und hoher Temperatur. 412
- König, A.: Ein neuartiges Kontaktsystem. 254  
—: Bespr. 510
- König, G. f.: Die Windkraftanlage im Berliner Zoo. 614
- Konig, T. de: Leichtgewichtrotoren für Turbogeneratoren. 694
- Koontz, L. L.: Elektrische Heutrockner in Virginia. 532
- Köpp, W.: „Neue Art des Rundfunkempfanges“ realisierbar? 500
- Koppelman, F.: Bespr. 246
- Koran, V. L.: Ein bemerkenswerter Vertikal-Wasserkraftgenerator. 695
- Kösters, H.: Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls. Fachb. 495
- Kother, H.: Zur Wahl von Bahnstromsystemen; Rhein, Ruhr u. Verbindungs-Strecken n. Süddeutschl. \*43
- Kottenmeier, B.: Bespr. 98, 161
- Kotthoff, H.: Halbautomatische Morsetasten. 641
- Kozelj, V. A.: Wo befindet sich das Knie der Magnetisierungskurve? 587
- Kramer, J.: Untersuchungen mit dem Spitzenzähler an frisch bearbeiteten Nichtmetallflächen und bestrahlten Kristallen. 729
- Krämer, W.: Antriebe und Lichttechnik. Fachb. 487
- Krapp, K.: „Zum Neuentwurf von VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“. 598
- Krassowsky, W.: Bespr. 565
- Krekeler, K.: Das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk von Nordrhein-Westfalen. 645
- Kretzmann, R.: Eine Röhre zur Messung von Beschleunigungen. 443  
—: Elektronische Motorsteuerung. 58
- Kröger, F. A., s. A. Bril.
- Kropp, H.: Die Stromversorgung von Großsendern. 475
- Krupotich, E., s. G. G. Gould.
- Kruse, E.: Über die Härteprüfung und ihre Anwendung bei Kunststoffen. 418
- Kubler, E.: Elektromaschinen. Fachb. 485  
—: Konstantstrom-, Verstärker- und Regelmotoren für Gleichstrom (Metadyne, Amplidyne, Rototrol). \*623
- Kühn, E., s. O. Seibert.
- Kunkel, W. B.: Statische Aufladung von Staubpartikeln in Wolken. 449
- Kuntke, A., u. H. Verse: Eine transportable Gleichspannungsapparatur für die industrielle Röntgendurchstrahlung. 206
- Kuentz, W.: Strato-Vision in der Schweiz. 699
- Künzler, H., s. E. Anderfuhren.
- Küpfmüller, K.: Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen. \*495
- Kurtze, G., s. K. Feher.
- Kußmann, A., u. v. Rittberg: Über magnetische Eigenschaften von Platin-Eisen-Legierungen. 185  
—: u. M. Auwärter u. G. v. Rittberg: Die Eisen-Platin-Invar und ihre Ausdehnungsanomalien. 185.
- Kussy, W. F.: Berechnung der Abmessungen des Kurzschlußringes bei Einphasenmagneten. \*513
- Kyser, K. A.: Auslegung v. Generatoren u. Transform. bei Blockbetrieb. \*44
- Labouret, M. J.: Beitrag zum Studium der Lichtbogensäule. 449
- Laig-Hörstebrook, W.: Die Kontaktkraft bei der Abschaltung elektrischer Niederspannungs-Schaltgeräte. 614
- Lambert, W. H., s. A. H. Phillips.
- Lamberts, K.: Bespr. 593
- Langer, M.: Zweckmäßigste Entwicklung der Fernsprech-Wählertechnik. 183
- Langlois-Berthelot, M. M., D. Renaudin, J. Neuve Eglise u. S. Kohn: Ein Jahr Stoßversuche an Verteilungstransformatoren. 152
- Läpple, H.: Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraum-Isolatoren. Fachb. 487
- Larché, K.: Edelgas-Hochdrucklampen für die Projektionstechnik. \*428
- Larsen, E. J., u. R. B. Farrell: „Lepeth“-Mantel für Fernsprechkabel. 557
- Latimer, K. E., u. H. B. Macdonald: Eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten von Ferri-ten. 730
- Lau, H.: Bespr. 64
- Lauber, A., s. W. Furrer.
- Lauster, F.: Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51. 330  
—: Bespr. 590, 677
- Lawson, C. C.: Fernmeldeleitungen mit Neoprenmantel. 638
- Lebrecht, L.: Der Entwicklungsstand der Leistungsstromrichter. \*297  
—: Industrielle Anwendungen. 368
- Lebrecht, L.: Bespr. 325, 370
- Lee, E. S.: Ein Ingenieur über die Mathematik. 62
- Leist, K.: Gasturbinen für Kraftwerke. \*331, B. 454
- Leitch, J. D.: Luftdrosselspulen zur Fehlerbegrenzung in Motorstromkreisen. 121
- Leithäuser, G.: Hochfrequenztechnik. Fachb. 492  
—: A. Gehrtst. 295
- Lemcke, G.: Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördererichtungen für Bergwerke. Fachb. 487
- Lemmens, H. J., M. J. Jansen u. R. Loosjes: Neue thermisch emittierende Kathode für hohe Belastungen. 93
- Lenninger, L., s. A. Drehmann.
- Leresche, R., s. R. Vögeli.
- Lesch, G.: Steuerung und Regelung. Fachb. 489
- Leukert, W.: Wirkungsgrad und Modellausnutzung bei wasserstoffgekühlten Maschinen. Fachb. 485  
—: Bespr. 563, 592
- Leuthold, P.: Die kraftwirtschaftliche Ausbeutung des Ribagorzana-Gewässersystems. \*406
- Linckh, H. E.: Untersuchung der Werkstoffwanderung bei elektr. Kontakten. \*79
- Linke, W.: Bespr. 622
- List, F.: Elektrizitäts-Sonderschutz. Ein Beitrag zum Recht der Technik. 381  
—: Zur Frage der Weiterentwicklung des Problems der Funkbeeinflussung. Stellungnahme zum HF-Gesetz. Nach A. Denhardt u. K. Sachs. 586  
—: Das Monopolproblem in der Energiewirtschaft. 310  
—: Vertauschte Rollen. Ein kleiner Seitenblick ins Reich der Technik. 582  
—: Die Jahresversammlung der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V. 645
- Livingston, E. A.: Neue Synchronisierungseinrichtung. 237
- Löbl, O.: Zur Definition der Schiefbelastung von Drehstromgeneratoren. \*229  
—: Memorandum über elektrische u. magnetische Einheiten. \*455
- Loosjes, R., s. H. J. Lemmens.
- Lowerison, C., s. E. W. Rockwell.
- Lowicki, N.: Die Verwendung von Indium im Ausland. 419
- Lüder, J., s. M. Zürcher.
- Luniak, A.: Neue Aufbauweise tonfrequenter Betriebseinrichtungen. 390
- Maas, E., s. H. Hohm.
- Macdonald, H. B., s. K. E. Latimer.
- Mackh, H.: Die Beeinflussung der Strom- und Spannungsgrundwelle einer Zündanlage durch Entzündwiderstände im Zündkreis. \*375
- Madsen, I. E.: Ein Explosionshammer. 533
- Mager, E. L., s. E. C. Payne.
- Magerl, K.: Ein Weg zur Finanzierung von Kraftwerksbauten. 202
- Mahr, O.: 125 Jahre Elektromagnet. 59
- Malti, M. G.: Eine neue Form f. d. Einsatz d. Mathematik im Ingenieurwesen. 42
- Mann, J. G., s. J. G. Trump.
- Manzinger, A.: Lastabschaltung mit Trennschaltern. 88
- Markt, G.: Österreichs Wasserkräfte im Ausbau. 411  
—: Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung. Brf. 129
- Marsiske, H.: Neue Art des Rundfunkempfanges. 268  
—: Sicherungseinrichtung für Rundfunkröhren. 476  
—: Neuer Sicherungsautomat. 502
- Marterstock, I.: Präzisionsmessungen an Gasentladungslampen. 388
- Martin, J.: Dielektrische Trocknung feuchter Keramikmassen. 474
- Marter, W. E., s. E. L. Harder. 471
- Masing, G.: Physik in der Metallkunde. 390

- Masukowitz, H.: Elektrowärme. Fachb. 488
- Matsch, L. W., N. C. Basu u. G. R. Horcher: Messung des Widerstandes von Drehstromleitungen. 27
- Maugard, G., s. M. Ch. Béguin.
- Maurer, L.: Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“. 353
- McClure, F. N.: Anwendung magnetischer Verstärker. 123
- McKeehan, L. W.: Über die Struktur der ferromagnetischen Elementarbereiche. 214
- McLean, C.: Verminderte Geräusche von Transformatoren. 502
- Meek, J. M., s. J. B. Higham.
- Mehlis, A.: Die Lösungswege in der Fernwähl-Vermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade. Fachb. 491
- Meiners: Schaltanlagen im Ausland. 442  
— : Neuerungen im Schaltanlagenbau. Fachb. 486
- Meinke, H. H.: Hochfrequenztechnik. Fachb. 491  
— : Neues aus der Höchsthochfrequenz-Meßtechnik der USA. Fachb. 492  
— : s. a. A. Egger.
- Meister, R.: Elektrotechnik im Schiffbau. 506  
— : Bespr. 706
- Meixner, J.: Bespr. 130, 160, 590
- Melan, H.: Zur Frage der künstlichen Gras- u. Gemüsetrocknung. 531
- Melchinger, E.: Bespr. 398
- Mennerich, W.: Funk-Entstörung v. Masch., Geräten u. Anlag. \*9  
— : Regeln für die Funkentstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenomm. Hochfrequenzgeräten). \*607
- Merkle, E.: Bespr. 247
- Mertlich, K.: Untersuchungen an magnetischen Thixotropen. 643
- Merz, L.: Dehnungsmessung mit Widerstandsdrähten. 388
- Mestermann, R.: Schaltanlagen und Netze. Fachb. 485
- Meyer, H.: Entwurf neuer VDE-Regeln für Isolatoren für Starkstromleitungen. 549
- Meyer, C.-L., s. A. Keil.
- Ming-Yi Wei s. R. T. Beyer.
- Miller, H.: Ein elektrostatischer 2 MV-Generator für die Röntgentherapie. 447
- Minder, O. P.: Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. 530
- Minssieux, J.: Anwendungen der Induktionserwärmung mit Niederfrequenz. 240
- Mohr, O.: Bespr. 160
- Moldenhauer, F.: Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen. Fachb. 485
- Moldenhauer, L.: Kritische Bemerkungen zu den letzten Strompreiserhöhungen. 722
- Moeller, F.: Meßverfahren. Fachb. 494
- Moeller, F.: Bespr. 188, 591
- Möller, J.: Kurzschlußfeste Motorschutzschalter. Fachb. 487
- Moench, F.: Bespr. 593
- Moerder, C.: Ohmmetrische Messung von Induktivitäten und Kapazitäten mit erheblichen Verlustwiderständen. \*259
- Montandon, R., s. H. Zschokke.
- Monteith, A. C.: Die Ignitron-Lokomotive. 475  
— : s. a. Ph. Sporn.
- Moody, D. L., s. C. A. Dahlbom.
- Moore, A. D.: Hydrodynamische Methode zur Messung elektrischer und magnetischer Felder. 238
- Moritz, W.: Bespr. 100
- Morris, W. C.: Ein schnellarbeitendes „Außer-Tritt“-Relais. 442
- Mortlock, J. R.: Die Energieübertragung mit 400 kV-Drehstrom über vier Leiter. 441
- Morton, J. A., u. R. M. Ryder: Eine neue Mikrowellentriode; konstruktive Einzelheiten. 616
- Mumford, W. M.: Breitband-Mikrowellen-Rauschquelle. 28
- Mumford, W. W., s. A. E. Bowen.
- Müller, H.: Elektrische Kochplatten. \*145  
— : Elektrowärme. Fachb. 488  
— : Elektrotagung in Essen. 95  
— : G. H. Winkler f. 221  
— : H. Reisner 70 Jahre alt. 480  
— : F. Brendel f. 451  
— : L. Binder 70 Jahre. 369  
— : O. Bang-Kaup f. 322  
— : Bespr. 425, 538, 563, 592, 593, 705
- Mueller, H. F.: Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft. \*340  
— : Verbundnetze in den USA u. in Westeuropa. 24  
— : Bespr. 454
- Müller, P.: Grafitstab-Schmelzofen mit elektrischer Widerstandsheizung zum Schmelzen von Bronze. 474
- Müller, R.: Zentralgesteuerte Straßenverkehrs-Signalanlagen. 504
- Müller-Lübeck, K.: Direktanzeigende Brennspannungs-Meßgeräte f. Großgleichrichter. \*47
- Muthig, J.: Kostenechte Preise in der elektrischen Energieabsatzwirtschaft. 693, 701
- Naeser, G., u. F. Zirm: Pulvermetallurgische Herstellung endloser Bänder aus Metallpulver, insbesondere Eisenpulver. 533
- Nagel, K.: Bespr. 34
- Neagle, N. M., u. R. W. Swarthout: Sekundärnetze: Kosten des Hauptsystems. 181
- Nechamkin, H.: Unterscheidung von Kunststoffen. 419
- Néel, L.: Ferri- u. Antiferromagnetismus. 127
- Nejman s. Skanavi.
- Nentwig, K.: Sekundärelektronenvervielfacher und ihre technische Bedeutung. 558  
— : Bespr. 99
- Nestmann, G. H.: Signal- und Alarmanlagen. \*249
- Nestel, W.: Fernsehversuchsendungen im NWDR. \*346
- Neuberg-Motz: Für und wider das Elektrofahrzeug. 584
- Neumann, J. A.: Heißspritzen von Polyethylen. 61
- Neuve Eglise, J., s. M. M. Langlois-Berthelot.
- Newell, E. L., u. C. H. Cramer: Zweifach-Trägerfr.-Telegraphiersystem für Seekabel. 126
- Nibler, H.: Dynamisches Verhalten v. Fahrleitung u. Stromabnehmer b. elektr. Hauptbahnen. 57
- Niemann, P.: 4. Arbeitstagung des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln über Ordnungsprobleme sowie Zeit- und Betriebsvergleich in der Energiewirtschaft. 393
- Nikuradse, A., u. R. Ulbrich: Bespr. 245
- Nolte, F.: Zentrale Wählerfernsteuerung nach dem Pulsintervallverfahren. \*354
- Norden, K.: Schattigkeit und Diffrusität der Beleuchtung. 640
- Nowak, A.: Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern beim Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren. Fachb. 490  
— : Bespr. 161
- Nürnberg, W.: Bespr. 620
- Obenaus, F.: Durchschlagbare oder nichtdurchschlagbare Freileit.-Isolatoren f. Hoch- u. Höchstspannungen? 88
- Oehlen, P.: Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetzgruppe. Fachb. 491
- Oehler, G.: Bespr. 510
- Ohrt, P.: Neuordnung des Patentwesens in Berlin u. in der Ostzone. \*77  
— : Bespr. 220
- Ondarza, M. v.: Die Hochspannungssteuerung bei Wechselstrom-Triebfahrzeugen. 668
- Oosterhout, G. W. v., s. E. J. W. Verwey.
- Ott, H.: Parallelbetrieb kompondierter Drehstrom-Generatoren. 304
- Parschalk, F.: Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen. Fachb. 487
- Parsons, J. S., u. J. J. Stein: Neuartiges Verkabelungssystem. 724
- Pattison, D. R., s. A. H. Philipps.
- Pauly, W.: Bespr. 676
- Pawleck, F., u. H. Jahn: Der Einfluß von kleinen Beimengungen auf die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer. 391
- Payne, E. C., E. L. Mager u. Ch. W. Jerome: Elektrolumineszenz. 639
- Peachey, F. A., s. H. B. Rantzen.
- Pearce, H., u. Homewood: Ein neues Lötgerät. 244
- Peekema, M.: Die Verkehrszeichen-Regelung in Amsterdam. 586
- Perron, R. R.: Aufzeichnung von Nachformschablonen auf Magnetofonband. 668
- Peter, W., s. E. Anderfuhren.
- Peters, W.: Probleme und Leistungen des Schiffsradars. 446
- Peters, J.: Neuere Entwicklungen der Rundfunksendetchnik. Fachb. 491
- Peterson, W. S., B. Cozzens u. J. Carroll: Koronaverlustmessungen in der Wüste. 666
- Pfestorf, G. K. M.: Die Elektrizitätsversorgung des Staates Victoria in Australien. 429
- Pfuntner, R. A., R. E. Franck u. F. R. d'Entremont: Neue Trockenisolation für Meßwandler. 88
- Phillips, A. H., W. H. Lambert u. D. R. Pattison: Röhrenreinigung von Generatoren. 120

- Pieplow, P.: Selektive Erzeugung, Verstärkung oder Sperrung von Wechselspannungen ohne Schwingkreise. 155
- Pierce, J. R.: Millimeterwellen. 726
- Piquet, J.: Gießen v. Kurzschlußbläuer-Käfigen aus Aluminium. 84
- Planer, F. E.: Gerät zur Fehlerorts-, Lage- u. Tiefenbestimmung von Kabeln. \*117
- Poganski, S.: Über die Existenz von Zwischenschichten an der Grenze Metall-Selen und ihre Bedeutung für den Sperrschichtenmechanismus. 533
- Pohl, R. W., u. F. Stöckmann: Zum Induktionsgesetz. \*595
- Pohl, E. J.: Bespr. 370
- Pöhler, M.: Neubearbeitung der VDE-Vorschriften für Akkumulatoren „VDE 0510“. 310
- Pohlhausen, E.: Bespr. 64
- Pohontsch, M.: H. Barkhausen. 704
- Polenz, F.: Die Ermittlung der Verschleißfestigkeit von Lackdrähten. 551
- Popp, A.: Bespr. 425
- Pöllot, O. E.: Bespr. 219
- Poralla, C.: Die Investitionsvorhaben der polnischen Elektrizitätswirtschaft. 244
- Poscich, I.: Bespr. 162
- Potthoff, K.: Bespr. 453
- Pracejus, W. G., s. A. H. Taylor.
- Prásil, J.: Drehstrom-Wendemaschinen mit Ankersehnspeisung. 181
- Prasse, W.: Die Elektrotechnik auf der Verkehrsausstellung „Schiene und Straße“. \*629
- Pratt, O. S., s. J. T. Blake.
- Press, V. W.: Gleichrichtergespeiste Antriebsmotoren. 640
- Prinz, H.: Ein neuer Fernleitungs-Rechenschieber. \*685
- Pritchett, W. S., u. R. M. Saunders: Elektrische Anzeigeinstrumente bei den Frequenzen der Reglertechnik. 413
- Pröls, L.: Bespr. 132
- Pungs, L.: Bespr. 130, 161
- Punnett, W., s. H. G. Jerrard.
- Putnok, F.: Zur Frage der richtigen Lampenwahl. 414
- Pütz, H.: Zur Wahl von Bahnstromsystemen. Brf. 324
- Quade, W.: Bespr. 620
- Quervain, A. de: Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung. Fachb. 489
- Quittner, V.: Elektronisch gesteuerter Röntgen-Filmaufnahmeapparat. 447
- Rachel, A.: Bespr. 649
- Rademacher, H.: Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektroden-Durchlauferhitzern. Fachb. 489
- Rainer, H.: Magnetische Eigenschaften von Cu-Fe-Sinterkörpern. 476
- Famert, H.: Zündgeräte für Hoch- und Höchstdrucklampen. 604
- Rantzen, H. B., F. A. Peachey u. C. Gunn-Russell: Entwurf von selbsttätigen Programmwächtern in Sendernetzen. 642
- Rasper, L.: Deutscher dieselelektrischer Schwerlast-Schwimmkran mit Wippausleger. 725
- Raub, E.: Die elektrolytische Abscheidung von Legierungen. 391  
— : Bespr. 508
- Rauche, E.: Zusammenstoß als Folge abirrender Ströme in einem Braunkohlen-Abraumbetrieb. 668
- Raudith, E.: Vinidurrohre zur elektrischen Installation. 477
- Raupach, F.: Bespr. 423
- Reed, J. R.: Lotarme Verbindungen zwischen Wicklung und Kommutator bei Bahnmotoren. 554
- Reichel, E.: Bespr. 509
- Reinow, M. N., s. B. M. Hochberg.
- Reiske, K.: Die Isolationsbemessung als Problem des Schaltanlagenbaues. \*105  
— : Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihre Anwendungsgebiete. Fachb. 485
- Reisner, J. H., u. S. M. Zollers: Permanentmagnetisches Elektronenmikroskop. 316
- Renaudin, D., s. M. M. Langlois-Berthelot.
- Rengier, H.: Bespr. 219, 564, 649
- Renker, H.: Bespr. 131
- Renne, W. T.: Berechnung der elektrischen Festigkeit von ungetränktem Kondensatorpapier. 315
- Reuschenbach, G., u. R. Schmidt: Über die zeitliche Konstanz der Eigenschaften von Trägerfrequenzkabeln. 615
- Reuter, jr., F. W.: Leistungsvergleich der Leuchtstofflampen mit Heiß- u. mit Kaltkathoden. 124
- Richter, H.: Bespr. 590
- Richter, J.: Der Kompensationsverstärker, ein neuer Photozellenkompensator. Fachb. 493
- Richter, M.: Bespr. 731
- Rittberg, G. v., s. A. Kußmann.
- Ritz, K.: Bespr. 99, 188, 219
- Robert, M. P.: Potentiometrische Steuerung von Hebezeugen in der Hüttenindustrie. 689
- Robine, P.-L.: Das fahrbare Umspannwerk der Kohlenbergwerke von Nordfrankreich und des Pas-de-Calais. 313
- Robison, H. F., u. W. H. Wickham: Neue Einrichtung z. Prüfung v. Wattstundenzählern. 56
- Rockwell, E. W., C. Lowerison u. C. P. Garman: Das Verhalten der Höchstspannungs-Übertragungsleitungen Hoover Dam-Los Angeles bei Gewittern. 723
- Romeijn, F. C., s. E. J. W. Verwey.
- Rösch, H.: Auswirkungen des Kurzschlusses einer Spulengruppe von Transformatorenwicklungen in Reihenparallelschaltung. \*711
- Rosevear, G. I. R., s. V. G. Hopcroft.
- Roßberg, E.: Die Sammelverbindungen im Fernschreibverkehr. \*67
- Roskopf, R.: Erwärmung von Leitern bei kurzdauernder Stromüberlastung. 411
- Röble, K.: Bespr. 397
- Roessler, E.: Hyperbel-Navigation in Deutschland. \*567  
— : Deutsche Industrie-Ausstellung, Berlin 1951. \*659  
— : Amerikanisches Fernsehen in Berlin. 728  
— : Bespr. 99, 706
- Rother, H.: Über die Konstruktion eines Kleinschalters. 528
- Roewer, K.: Bespr. 190, 564  
— : s. a. U. Graf.
- Rüchardt, E., s. E. Kappler.
- Rückert, H., u. H. Capitain: Keramische Kondensatoren mit extrem hoher Dielektrizitätskonstante. 266
- Rummel, Th.: Bespr. 453
- Ruppin, K.: Symmetrische Phasenbelastung bei elektrischen Widerstandsschweißmaschinen. 302
- Rusck, S.: Die Dämpfung elektrischer Wanderwellen. 209
- Rust, H. H.: Annähernd verlustlose Messung sehr kleiner Gleichspannungen. 123  
— : Die elektroakustische Wandlung mittels Magnetostraktion (Transformatoren als Schallstrahler). 416  
— : Wirtschaftlicher Transport auf Binnenwasserstraßen durch elektrischen Antrieb mittels Oberleitung. 434  
— : Die annähernd verlustlose Messung von Gleichspannungen durch Umformen in Wechselspannungen. 473  
— u. C. Hartmann: Objektive Messung von Störstellen in der Tonspur von Tonfilmen. 446
- Ryder, R. M., s. J. A. Morton.
- Sachs, K., s. A. Denhardt.
- Salomon, M. A.: Die reguläre Reflexion und ihre Nachteile für die Beleuchtung. 584
- Salow, H.: Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme. 727
- Samal, E.: Schirmung in Meßschaltungen. 182  
— : Meß- und Prüfgeräte mit Elektronenröhren. 210
- Sanden, K. v.: Größen- und Zahlenwertgleichung in der Praxis. \*609
- Sauerwein, K.: Das Plancksche Wirkungsquantum. 319
- Saunders, R. M., s. W. S. Pritchett.
- Sawade, S.: Bemerkungen zur Strahlergruppentechnik. 720
- Schaeppers, H. W.: Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen. 257
- Schäfer, O.: Eine elektrische Modellregelstrecke für große Laufzeiten. 379
- Schär, F.: Über zusätzliche Verluste beim Parallelbetrieb von Leitungen. 237
- Schaudinn, K.: Groß-Porzellanstützer mit abgeschmolzenem Innenraum für Hochspannungsanlagen. Fachb. 487
- Scheel, J. E.: Bespr. 246
- Schelding, J. A., s. F. Blaha.
- Schenk, W.: Bespr. 426
- Scheuber, A.: Bespr. 369
- Scheuß, H., s. H. Draeger.
- Schiesser, H., u. H. Gathmann: Konstruktiver Aufbau von NF-Verstärkern für Studioeinrichtungen. \*523
- Schilling, W.: Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. \*465  
— : Transduktoren. Fachb. 489  
— : Bespr. 246
- Schirmer, L.: Bespr. 425



- Schirp, W.: Luftgekühlte Variometer für fahrbare Kurzwellensender. \*171
- Schläffer, R., s. E. Kappler.
- Schlicke, H.: Entwicklungstendenzen der Energiewirtschaft in Ostdeutschland. 87
- Schmid, K.: Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet. Fachb. 492
- Schmidt, A.: Bespr. 189
- Schmidt, F. A. F.: Bespr. 538
- Schmidt, H.: Bespr. 509
- Schmidt, K. O., u. B. Werrmann: Planung von Richtfunkverbindungen. Fachb. 492
- Schmidt, R., s. G. Reuschenbach.
- Schmiedel, K.: Meßgeräte. Fachb. 493
- Schmitz, T.: Der Anlauf des Einphasenmotors mit Widerstandshilfsphase. \*371
- Schneider, O.: Über Unfälle durch elektrischen Strom. 351
- Schneider, Ph., u. P. Dekker: Wandstärkenmessung von Leichtmetall-Gußteilen. 444
- Schneider, W.: Beitrag z. Berechnung v. Hochspannungsleitungen großer Länge. \*17
- Scholz, W.: Funkentstörung. Fachb. 490
- Schönbach, A.: Ausbau der Wasserkraft in Königswusterhausen. 722
- Schönfeld, H.: Drahtfernmelde-technik. Fachb. 491  
— : Bespr. 563
- Schoof, F., u. S. Alter.
- Schrader, H.-J.: Ein Motorschutzrelais für Drehstrommotoren im aussetzenden Betrieb. \*634
- Schrank, W.: Leuchtstofflampen-Anlagen. 617
- Schröder, E.: Bespr. 706
- Schuch, E.: Über einen induktiven Standmesser. 373
- Schuepp, P., u. L. Gion: Thermische Untersuchungen an Isolatoren großer Abmessungen. 122
- Schuilenburg, A.: Wärmewirtschaft im Backprozeß. 556
- Schultes, H., s. W. Graffunder.
- Schultze, K.: VDI-Hauptversammlung 1951 in Hannover. 617
- Schulz, P.: Bespr. 247
- Schulz, R.: Induktive dynamische Dehnungsmeßanlage. \*177
- Schulze, E.: Die IV. Weltkraftkonferenz London 1950. 144  
— : Bespr. 481
- Schulze, H.: Bespr. 131, 423, 732
- Schulze, W. M. H.: Titan u. seine Verbindungen in d. Elektrotechnik. \*51  
— : Dielekt. Eigenschaften u. physikal. Trocknungsbedingungen bei Ollackfilmen. 61
- Schunack, J.: Einfluß des übertragenen Frequenzbandes auf die Güte des Fernsehbildes. 126
- Schützendübel, H.: Der neue frequenzmodulierte 10 kW-UKW-Rundfunksender des NWDR in Hamburg. B. 162
- Schwaben, R.: Näherungsverfahren zur Ermittlung der Zugspannungen gekoppelter Leitersysteme. \*164
- Schwartz, E.: Kellfaktor u. Bildauflösung bei Fernsehsendungen. 93  
— : Farbfernsehen in den USA. \*431  
— : Bespr. 189
- Schwarz, A.: Meßmotor als Integrator u. Meßwandler. \*113  
— : Bespr. 162, 326, 370, 734
- Schwenk hagen, H. F.: Bespr. 66, 247, 562, 589
- Seelmann-Eggebert, G.: Bespr. 677
- Seibert, O., u. E. Kühn: Zuläss. Dauerstrom f. im Erdboden verlegte Kabel \*72
- Seidel, G.: Bespr. 130
- Seulen, G. W.: Das Induktionslötvorfahren. 27
- Severin, H.: Zur Theorie der Beugung elektromagnetischer Wellen. 506
- Shockley, W., s. H. J. Williams.
- Simons, F., s. G. A. Greff.
- Sinelnikow, E. M., u. G. S. Somichina: Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. 315
- Skanavi u. Nejman: Kondensator-Spannungsstabilisatoren. 472
- Skeats, W. F., s. A. C. Boisseau
- Smith, E. K.: Messung des Spannungsabfalls in Gasentladungsröhren mit Glühkathode. 26
- Smyth, C. P.: Die dielektrische Nachwirkung in Flüssigkeiten und festen Körpern. 646
- Solling, H.: Gas- oder Elektrowärmerversorg. des Haushaltes? \*13  
— : Die Bedeutung des Kohleverbrauches bei der Frage: Gas- oder Elektrowärme im Haushalt. \*544  
— : Bespr. 594
- Somichina, G. S., s. E. M. Sinelnikow.
- Sorgenicht, W.: Induktive Erwärmung ferromagnetischer Stähle mit Netzfrequenz. Fachb. 488
- Soulier, M. A.: Neuartige Feuermelder. 445
- Spaderna, K.: Messen mit Dehnungsmeßstreifen. \*11
- Spandöck, F.: Von der dezentralisierten zur zentralen Schallübertragung. \*102  
— : 25 Jahr klanggetreue Schallübertragung. 572  
— : Bespr. 187
- Spaulding, L. R., u. C. C. Diamond: Ortsbestimmung von Erdschlüssen auf Hochspannungs-Fernleitungen. 555
- Specht, T. R., u. R. N. Wagner: Die Anwendung des Transduktors als Gleichstromwandler in der Aluminiumindustrie. 319
- Sporn, Ph., u. A. C. Monteith: Messungen von Koronaverlusten und Rundfunkstörungen an einer 500 kV-Versuchsanlage in Tidd (Nordamerika). 412
- Staveren, J. C. van: Die niederländischen Elektrizitätswerke. 529
- Stegemann, M.: Randbemerkungen zur amerikanischen Kraftwerks-Betriebspraxis. 385
- Steglich, P.: Beitrag zur Erdung von nicht schienengebundenen Stromverbrauchern in Bahnanlagen. 169
- Stein, E.: Die wichtigsten Absatzgebiete für elektrotechnische Erzeugnisse. 377
- Stein, J. J., s. J. S. Parsons.
- Stejskal, F.: Programmsteuerung mit Wheatstonescher Brücke. 578
- Stephenson, H.: Ermittlung von Fehlbedarfs- u. Überschußenergien. 55
- Stieger, J.: Neue Wasserkraftwerke in Indonesien. \*109
- Stiegler, Fr.: Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen. 363
- Stier, F.: Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter. 364, 710
- Stöckmann, F.: Theorie der lichtelektrischen Leitung in Mischleitern. 390
- Stockmayer, W.: Die Prüfung elektrischer Maschinen. 691
- Storm, H. F.: Magnet. Verstärker mit Steuerkreisen relat. geringer Zeitkonstante. 50
- Stormanns, A.: Schutz gegen Berührungs- und Brandgefahr an elektrischen Anlagen unter Tage. 586
- Stötzner, O.: Gründung von Leitungsmasten. 122  
— : Statische Berechnung von rechteckigen stählernen Freileitungsmasten für Verdrehungsbelastungen. Brf. 536
- Stribley, J.: Farbspritzten von Metalloberflächen im elektrostatischen Feld. 478
- Strigel, R.: Bespr. 565, 676
- Strobel, A. K.: Bespr. 247
- Stützer, O. M.: Ein Kristallverstärker mit hohem Eingangswiderstand (Fieldistor). 154
- Sulzer, P. G.: Frequenz- und Amplitudenkonstanz des kathodengekoppelten Oszillators. 212
- Swarthout, R. W., s. N. M. Neagle.
- Szalay, L. v.: Bespr. 160, 452
- Taylor, A. H., u. W. G. Pracejus: Ausbleichung farbiger Werkstoffe durch Licht und Strahlungsenergie. 476
- Tegtmeier, W.: Mensch und Arbeit im technischen Zeitalter. 392
- Tetzner, K.: Neue Methode für den Fernseh-Gleichwellenbetrieb. 28  
— : Programmierer. 445
- Thal, W.: Neue Feinmeß- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom. Fachb. 493
- Theimer, W.: Ein vereinfachtes Elektronenmikroskop. 449
- Thewalt, A.: Verhalten v. Selektivschutzrichtungen bei Pendelungen. \*20
- Thierbach, D.: Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetz. Fachb. 490
- Thirion, M. E.: Elektronische Steuer- und Regelschaltungen von Widerstandsschweißgeräten. 415
- Thomas, H. A.: Eine subjektive Meßmethode für hochfrequente Störgeräusche. 558
- Thorey, H.: Polwenderegler für Modellbahnen. 603
- Thorne, A. R. H.: Die Entwicklung und Ausführung elektrischer Schaltgeräte für Werkzeugmaschinen. 386
- Thouret, W.: Neue Bauart von Quarzlampen. 56
- Titschack, H.: Bespr. 734
- Tittel, J.: Bespr. 325
- Toeller, H.: Meßgeräte. Fachb. 493
- Tomkins, s. Benjamin.
- Trägardh, A.: Eine neue Bauart von Personensuchanlagen. 557



- Treusch, W.: Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. 646
- Trump, J. G., R. W. Cloud, J. G. Mann u. E. P. Hanson: Einfluß der Elektroden auf Gleichspannungs-Durchschläge in Gasen mit hohen Drucken. 701
- Tumanow, W. A., W. G. Gurwitsch u. E. I. Bykow: Die Entwicklung der Energieversorgung bei der Moskauer Untergrundbahn. 317
- Ubrig, W.: Bespr. 733
- Ulrich, R., s. A. Nikuradse.
- Ulrich, G., s. G. Holzwarth.
- Urteil, R.: Die Ablenktechnik des Fernsehens. Fachb. 492
- Vatter, H.: Bespr. 622
- Vent, O.: Public Relation — Öffentl. Meinungspflege. 96
- : Der Elektroingenieur in d. Wirtschaftswerbung. \*39
- : Fortschritte der Elektrifizierung im Weinbau. 382
- Verse, H.: Hochsp.-Gleichrichter mit Pufferkondensatoren. 121
- : s. a. A. Kuntke.
- Verwey, E. J. W., P. W. Haaijman, F. C. Romeijn u. G. W. v. Oosterhout: Halbleiter mit Ionen gesteueter Wertigkeit. 157
- Veverka, A., s. B. Heller.
- Vezzani, R.: Lufterlektrische Anlage mittlerer Leistung mit Pumpwasserspeicherung. 553
- Vidmar, M.: Leiter aus reinem Aluminium in Kraftübertragungslinien. 553
- Vieweg, R., s. F. Gottwald.
- Violet, P. G.: Grundlagen und Anwendungen der Farbschiffröhren. 416
- Vogel, W.: Kabel. Fachb. 486
- : H. Sonnenfeld †. 421
- Vogel, V. J.: Schutzwirkung v. Überspannungsableitern bei Umspannern. 25
- Vögeli, R., u. R. Leresche: Die neue Alpenleitung der ATEL. 724
- Vogelpohl, G.: Rationelle Energiewirtschaft durch verminderte Lagerreibung. 128
- Voigt, H.: Einige Fragen neuzeitlicher Kraftwerksplanung. \*305, B. 426
- : Bespr. 34, 97, 188, 396, 594
- Volk, K.: Reichweite der Zündentstörung von Kraftfahrzeugen. Fachb. 490
- Vollrath, B.: Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1951. \*231
- : Bespr. 190, 247, 397, 510
- Wagenfeld, H.: Die Sichtbarmachung von Molekülen und Atomen im Feldelektronenmikroskop. 236
- Wagner, R. N., s. T. R. Specht.
- Wallot, J.: G. Giorgi †. 187
- Walker, A. C.: Gezüchtete Quarzkristalle. 644
- Walter, F.: Die Anwendung elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektrochemie. Fachb. 488
- Wandenberg, E., u. G. Ehlers: Typisierung von Schichtpreßstoff-Erzeugnissen aus Hartpapier und Hartgewebe. Zum Erscheinen der Typentafel DIN 7735. 217
- Wang, A. N.: Magnetische Kippkreise. 213
- Wapper, R.: Oberwellenmessungen an einem mitteldeutschen Hoch- und Mittelspannungsnetz. 208
- Warwick, G. A.: Die Überwachung von Härte- und Feinstruktur bei der Induktionshärtung. 556
- Wasserrab, T. H.: Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladungen. Fachb. 494
- : Die Spitzenladung eine Rückzündungsursache der Quecksilberdampfstromrichter. 696
- Weber: Schaltgeräte und Überspannungsschutz. Fachb. 487
- Weber: Geleitwort zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. 327
- Wechsung, H.: Hochfrequenz-Strommessung mit Betriebsinstrumenten. \*255
- : Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz. Fachb. 493
- Weigand, A.: Mechan. Probleme bei elektr. Meßgeräten. 89
- Weigel, R. G.: Neue Rheinbrückenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen. 667
- Weil, L.: Die Abhängigkeit der Koerzitivkraft von der Pulverkorngröße beim Pulvermagneten. 319
- Weimer, P. K., S. V. Forgue u. R. R. Godrich: Das Vidicon, eine Fernsehkamera-Röhre. 59
- Weis, A.: Das Magnetvariometer. 643
- Weiß, F.: Kurze oder lange Drehstrom-Asynchronmotoren? 539
- Weller, G.: Bespr. 99
- Wellinger, K.: Bespr. 482
- Wenk, P.: Löten von Aluminium mit Ultraschall. Fachb. 495
- Werner, P. H., s. W. Furrer.
- Werners, P.: Umwandlung d. Einphasenlast in symmetr. Drehstromlast. Brf. 63
- : Bespr. 592
- Werrmann, B., s. K. O. Schmidt.
- Westfelt, G. P. de: Motoren für schnellaufende Kreisel. 211
- Wickham, W. H., s. H. F. Robinson.
- Wider, R.: Anzeigevorrichtung für schadhafte Glühlampen bei Straßenbahnfahrzeugen. 682
- Wiesemann, R. W.: Spannungsproben an Maschinenwicklungen im Betrieb. 314
- Wildermuth, K.: Bespr. 64
- Williams, H. J., u. W. Shockley: Das magnetische Gedächtnis. 504
- Williamson, J.: Wasserkraftentwicklung in Schottland. 693
- Wilshaus, W.: Ein neues Meßgerät für Netzoberwellen. \*408, Brf. 619
- Wingler, H.: Das allgemeine Leistungsdiagramm des aktiven Zweipols (Anpassungsdiagramm). 655
- Winkelmann, W.: Lebensdauerprüfung von Kochplatten. 27
- Winkler, G. H.: Bespr. 100
- Winter, F. W.: Bespr. 425, 453, 509, 565, 650, 734
- Wittgenstein, M.: Elastische Einfachfahrlleitung für Obus und Straßenbahnen. 503
- Wolfframm, B.: Neues auf der Funktechnik-Ausstellung in New York. 394
- Wolman, W.: Bespr. 562
- Wörner, Th.: Über die Gasfestigkeit von Isolierölen im elektr. Feld. \*656
- Wosnik, J.: Bespr. 563
- Wyman, B. M., s. A. C. Boisseau.
- Youtz, P., s. S. H. Dodd.
- Yukawa, H.: Die Entwicklung der Mesonentheorie. 448
- Zehnel, P.-G.: Auftauen gefrorenen Bodens mit Hochfrequenz. 56
- Zetterholm, D., u. K. F. Frärgårdh: Die schwedische 380 kV-Leitung Harsprånget—Hallsberg. 24
- Zickner, G.: Zur Einführung des absoluten Ohms. 726
- , u. E. Blechschmidt: Transport. Meßanlage für schwache Magnetfelder. 182
- Zimmermann, R.: Der Siemens-Hell-Blattschreiber. Fachb. 491
- Zinke, O.: Bespr. 424
- Zirm, F., s. G. Naeser.
- Zollers, S. M., s. J. H. Reisner.
- Zorn, M.: Bespr. 325, 481
- Zschokke, H., u. R. Montandon: Statische Prüfung und Berechnung von Punktschweißverbindungen bei Scherzugbeanspruchung. 415
- Zürcher, M., u. J. Lüder: Peroxydbestimmung während der künstlichen Alterung von Isolierölen mit Kupferkatalyt. 183
- Zwanziger, W.: Bespr. 65, 97



TK  
3  
E 45

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. Januar 1951

Heft 1

## Statistische Methoden in der Elektroindustrie Stichprobenumfang, Vertrauensgrenzen und Toleranzen

Von Ulrich Graf, Wuppertal

DK 621.312 : 621.755 : 519.2

**Übersicht.** Die beiden nachstehenden Aufsätze entstanden auf Anregung der Schriftleitung aus der Zusammenarbeit eines Mathematikers mit dem Versuchingenieur einer Motorenabteilung. Sie sollen zeigen, daß ein wenig Mathematik auch in der Fertigung sehr nützlich sein kann. Den Voraussagen, die der Mathematiker auf Grund der ersten Versuchsergebnisse machen kann, schließen sich die praktischen Folgerungen des Versuchingenieurs an. Die Überlegungen lassen sich auf andere, ähnliche Fertigungsvorhaben ohne viel Mühe übertragen.

Die nachfolgenden Ausführungen haben das Ziel, den Nutzen und die Tragweite mathematisch-statistischer Verfahren an einem typischen Beispiel<sup>1</sup> darzulegen, das die Vorbereitung und Planung einer Serienproduktion betrifft. Vor Anlaufen der Serie ist eine relativ kleine Anzahl von Stücken hergestellt und vermessen. Die gemessenen Werte sind mit Zufälligkeitsschwankungen behaftet, und die Fragen sind, welches Vertrauen die Mittelwerte verdienen, die aus nur wenigen Messungen stammen, wieviel Prozent der Produktion oberhalb und unterhalb gewisser Toleranzgrenzen zu erwarten sind, wie ein zugestandener prozentualer Ausschub der Produktion die anzugebenden Toleranzgrenzen beeinflussen wird usw.

Alle diese Schlüsse müssen mit einer ausreichend hohen statistischen Sicherheit gezogen werden, die das kennzeichnende Merkmal jeder statistischen Aussage ist. Die Angabe, daß ein Urteil mit einer statistischen Sicherheit  $S\%$ , z. B. 99,9%, erfolgt, hat man so zu verstehen, daß bei einer sehr zahlreichen Wiederholung der Messungen nur in 0,1% aller Fälle ein Fehlurteil zu erwarten ist. Verschiedene statistische Sicherheiten führen, wie die folgenden Beispiele zeigen, zu sehr verschiedenen Toleranzangaben, und es ist daher unbedingt erforderlich, mit jedem Urteil auch seine statistische Sicherheit  $S\%$  zu nennen. In der technischen Praxis sind drei Werte gebräuchlich, nämlich

$$S = 95\%, \quad S = 99\%, \quad S = 99,9\%.$$

Welcher von ihnen gewählt wird, ist eine Sache der Vereinbarung und hängt von der Besonderheit der vorliegenden Fragestellung ab. Solange es sich um normale Produktion oder sogar nur um innerbetriebliche Kontrollen handelt, wird man sich mit  $S = 95\%$  begnügen, da die Auswirkung eines mit der kleinen Wahrscheinlichkeit 0,05 zu erwartenden Fehlurteils ohne allzu große Folgen in Kauf genommen werden kann. Soll das Urteil dagegen die Grundlage einer wesentlichen Betriebsumstellung sein oder sind als Auswirkungen eines eventuellen Fehlurteils sogar Menschenleben gefährdet, so wird man eine höhere statistische Sicherheit fordern und bis zu  $S = 99,9\%$  gehen.

Als typisches Beispiel einer elektrotechnischen Fertigung ist die Herstellung von Elektromotoren gewählt<sup>2</sup>. Es handelt sich um zwei Motorentypen A und B, von denen der erste mit Kugellagern, der zweite mit Gleitlagern ausgerüstet war. Vor Anlaufen der Serie wurden vom ersten Typ 11, vom zweiten 12 Stücke hergestellt und bei diesen Motoren jeweils Stromstärke (Ampere) und Leistung (Watt) sowohl im Leerlauf als auch im Kurzschluß bei der festen Spannung 220 V und der festen Frequenz 50 Hz gemessen. Die Tafel 1 zeigt die gefundenen Werte.

Tafel 1. Urwerte

Nr.	Motor A mit Kugellagern				Motor B mit Gleitlagern			
	Leerlauf		Kurzschluß		Leerlauf		Kurzschluß	
	Strom A	Leistung W	Strom A	Leistung W	Strom A	Leistung W	Strom A	Leistung W
1	2,85	135	12,00	2000	2,13	112	8,75	1510
2	2,68	120	11,95	1920	2,28	120	8,65	1420
3	2,68	120	12,40	2050	2,28	120	8,44	1400
4	2,78	120	11,60	1880	2,02	118	9,18	1560
5	2,78	120	11,75	1910	2,09	131	9,04	1550
6	2,68	118	11,55	1900	2,05	140	9,00	1540
7	2,44	116	11,20	1800	2,00	119	9,00	1580
8	2,60	115	11,80	1920	2,00	134	8,80	1500
9	2,58	120	11,44	1820	1,97	126	8,60	1440
10	2,60	116	11,42	1800	1,92	103	8,30	1380
11	2,69	120	11,76	1960	2,08	114	8,60	1480
12	—	—	—	—	1,99	105	8,56	1440

Die Ausgangsdaten jeder statistischen Auswertung sind der Mittelwert  $\bar{x}$  und die Streuung  $s^2$ . Bedeuten  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots N$ ) die  $N$  gemessenen Werte des Merkmals  $x$ , so ist der Mittelwert durch

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

und die Streuung durch

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

definiert. Die Quadratsumme in (2) berechnet man praktisch meist an Hand einer Rechenmaschine nach der Beziehung

$$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \cdot \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \quad (3)$$

Auf andere Weise kommt man zum Ziel, wenn man einen glatten Zahlenwert  $\bar{x}'$  in der Nähe von  $\bar{x}$  als provisorisches Mittel wählt und darauf die Beziehung

$$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}')^2 - N \cdot (\bar{x} - \bar{x}')^2 \quad (4)$$

benutzt.

Die Streuung  $s^2$  ist ein Maß für die Schwankung der Einzelwerte um den Mittelwert. Um vergleichbare Angaben für dieses Schwankungsmaß bei verschiedenen Meßreihen zu erhalten, drückt man  $s$  in Prozenten des Mittelwertes  $\bar{x}$  aus und erhält so den Variationskoeffizienten

<sup>1</sup> T. R. Hand u. C. J. Falk: Automatische Qualitätsüberwachung bei der Serienproduktion. S. 29 ds. Heftes.  
<sup>2</sup> Die Original-Zahlenwerte (Tafel 1) verdanke ich Herrn Dipl.-Ing. K. Roewer in Fa. Vorwerk & Co., Wuppertal-Barmen.

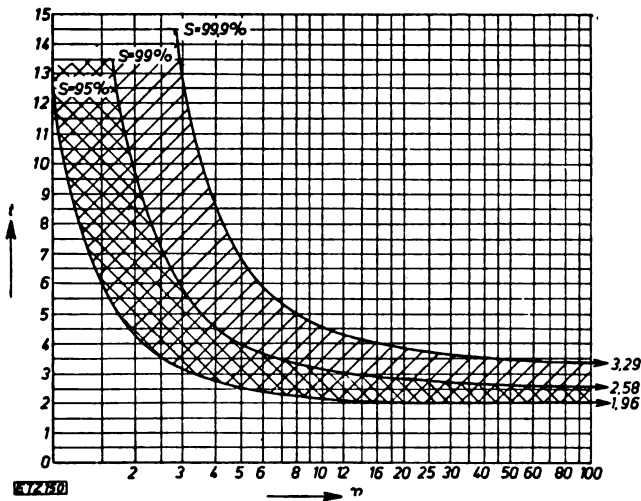


Bild 1.  $t$ -Werte in Abhängigkeit vom Freiheitsgrad  $n$  und von der statistischen Sicherheit  $S$  %.

$$V = \left( \frac{s}{x} \cdot 100 \right) \% \quad (5)$$

Die zahlenmäßige Auswertung der Tafel 1 nach den Formeln (1) bis (5) ergibt den ersten Teil der Tafel 2. Man erkennt an den Variationskoeffizienten  $V$ , daß die Schwankungen der Meßwerte bei dem Motortyp A (mit Kugellagern) stets kleiner sind als die entsprechenden Werte beim Motortyp B (mit Gleitlagern). Die kleinsten Werte treten, wie ja auch technisch unmittelbar einleuchtet, in beiden Fällen beim Kurzschlußstrom auf; die größte Schwankung ergibt sich bei der Leerlaufleistung des Motors B mit Gleitlagern ( $V = 9,2\%$ ).

Da alle gefundenen Einzelwerte für Strom und Leistung bei Leerlauf und Kurzschluß mit zufälligen Schwankungen behaftet sind, verdienen auch die gewonnenen Mittelwerte nur innerhalb gewisser Grenzen Vertrauen. Diese Grenzen (Vertrauensgrenzen der Mittelwerte) werden wiederum in Prozenten des Mittelwertes ausgedrückt. Von vornherein ist klar, daß der Vertrauensbereich um so kleiner wird, je mehr Messungen zur Aufstellung des Mittelwertes herangezogen wurden und je kleiner dabei die Schwankungen der Einzelwerte waren. Außerdem hängt die Weite des Vertrauensbereiches auch von der geforderten statistischen Sicherheit ab, die der Aussage zugrunde gelegt werden soll. Nach den Gesetzen der mathematischen Statistik ist die prozentuale Genauigkeit  $p$  des Mittelwertes bestimmt durch die Beziehung<sup>2</sup>

$$p = \frac{t}{\sqrt{N}} \cdot V \% \quad (6)$$

wobei  $N$  die Anzahl der Meßwerte ist und  $V$  der Variationskoeffizient. Die Größe  $t$  schließlich als Kennziffer der sogenannten  $t$ -Verteilung drückt die geforderte statistische Sicherheit im Zusammenhang mit dem Stichprobenumfang  $N$  aus. Bild 1 gibt den Verlauf der  $t$ -Werte über dem Freiheitsgrad  $n$ , der hier gleich  $N - 1$  zu setzen ist, mit  $S$  % als Parameter wieder. Dabei ist der Wert von  $t$  festgelegt durch die Beziehung

$$\frac{2 \cdot \left( \frac{n-1}{2} \right)!}{\sqrt{n} \cdot \pi \cdot \left( \frac{n-2}{2} \right)!} \int_0^t \frac{dt}{\sqrt{\left( 1 + \frac{t^2}{n} \right)^{n+1}}} = \frac{1}{100} \cdot S \% \quad (7)$$

Mit wachsenden  $N$  geht die  $t$ -Verteilung in die Normalverteilung der bekannten Gaußischen Glockenkurve über, und

<sup>2</sup> Die mathematische Ableitung dieser und der folgenden Beziehungen ist hier nicht durchgeführt. Vgl. dazu die Literaturangaben am Schluß.

die drei Kurven von Bild 1 nähern sich asymptotisch den Werten  $t = 1,96$  (für  $S = 95\%$ ),  $t = 2,58$  (für  $S = 99\%$ ) und  $t = 3,29$  (für  $S = 99,9\%$ ), die der Gaußischen Normalverteilung zukommen<sup>3</sup>.

Die nach (6) bestimmten Vertrauensbereiche der Mittelwerte sind in Tabelle 2 eingetragen. Man erkennt gleichermaßen den Einfluß des Variationskoeffizienten  $V$  wie den der zugrunde gelegten statistischen Sicherheit  $S$  %. Während der Mittelwert 11,72 A des Kurzschlußstromes bei dem Motor A mit Kugellagern aus den vorliegenden 11 Messungen bereits auf 1,8% genau mit 95prozentiger Sicherheit festliegt, kann man ihn nur noch auf 3,9% genau mit 99,9prozentiger Sicherheit angeben. Die Leerlaufleistung des Motors B mit Gleitlagern (Mittelwert 120,2 W) ist wegen der starken Streuung der Einzelwerte ( $V = 9,2\%$ ) mit 95prozentiger Sicherheit aus 12 Messungen erst auf 5,9% genau und mit 99,9prozentiger Sicherheit überhaupt nur auf 11,6% genau angebar.

Wesentlich ist nun weiterhin die Frage, wieviel Messungen man schätzungsweise machen müßte, um die Mittelwerte auf 1% genau zu bestimmen. Dieser Schätzwert für die erforderliche Zahl  $N$  der Messungen läßt sich wiederum aus (6) gewinnen, indem dort  $p = 1\%$  vorgeschrieben wird. Als Schätzwert für  $V$  wird der aus der durchgeführten Meßreihe berechnete Wert genommen. Das Ergebnis dieser Auswertung zeigen die drei Schlußzeilen der Tafel 3 für die drei statistischen Sicherheiten  $S = 95\%$ ,  $S = 99\%$ ,  $S = 99,9\%$ .

Tafel 2. Mittelwerte mit Vertrauensbereichen

	Motor A mit Kugellagern				Motor B mit Gleitlagern				
	Leerlauf Strom A	Leerlauf Leistung W	Kurzschluß Strom A	Kurzschluß Leistung W	Leerlauf Strom A	Leerlauf Leistung W	Kurzschluß Strom A	Kurzschluß Leistung W	
Anzahl der Messungen	11	11	11	11	12	12	12	12	
Mittelwert	2,67	120,0	11,72	1905	2,07	120,2	8,74	1483	
Variationskoeffizient	4,2%	4,5%	2,8%	4,2%	5,5%	9,2%	3,0%	4,5%	
Vertrauensbereich des Mittelwertes	$S = 95\%$	2,8%	3,0%	1,8%	2,8%	3,5%	5,9%	1,9%	2,9%
	$S = 99\%$	4,0%	4,3%	2,8%	4,0%	4,9%	8,3%	2,7%	4,1%
	$S = 99,9\%$	5,9%	6,2%	3,9%	5,9%	7,1%	11,6%	3,8%	5,8%
	Schätzwert für die Zahl der Messungen, die erforderlich sind, um den Mittelwert auf 1% genau festzulegen	70	80	32	70	120	330	37	80
	120	140	56	120	205	560	64	140	
	200	225	90	200	335	920	104	225	

Tafel 3. Phasenverschiebungsfaktor  $\cos \varphi$

Nr.	Motor A mit Kugellagern		Motor B mit Gleitlagern	
	Leerlauf	Kurzschluß	Leerlauf	Kurzschluß
1	0,216	0,758	0,239	0,785
2	0,203	0,730	0,239	0,748
3	0,203	0,751	0,239	0,755
4	0,196	0,736	0,266	0,770
5	0,196	0,738	0,285	0,790
6	0,200	0,748	0,310	0,778
7	0,216	0,730	0,272	0,798
8	0,201	0,737	0,305	0,775
9	0,211	0,723	0,291	0,761
10	0,203	0,715	0,244	0,756
11	0,203	0,756	0,249	0,782
12	—	—	0,240	0,765
Mittelwert:	2,248	8,122	3,179	9,263
: 11 =	: 11 =	: 11 =	: 12 =	: 12 =
0,204	0,738	0,265	0,772	

Bei dem Kurzschlußstrom des Motors A mit Kugellagern kommt man bei 95prozentiger Sicherheit schon mit 32 Messungen aus, während man bei der Leerlaufleistung des Motors B mit Gleitlagern rund das 10-fache, nämlich 330 Messungen ansetzen muß. Will man dagegen eine 99,9prozentige Sicherheit fordern, so erhöht sich der Schätzwert für diese Zahlen auf 90 bzw. 920 Messungen.

Stromstärke  $I$  und Leistung  $L$  sind bei der festen Prüfspannung 220 V und fester Frequenz durch die Beziehung

$$L = 220 I \cdot \cos \varphi \quad (8)$$

verbunden, wobei  $\cos \varphi$  den Phasenverschiebungsfaktor bedeutet. Die nächste Frage ist daher, mit welcher Genauig-

<sup>3</sup> Obgleich den  $t$ -Werten nur bei ganzzahligem  $N$  Bedeutung zukommt, sind die Punkte im Bild 1 wie üblich der Anschaulichkeit halber durch einen Kurvenzug verbunden. In der Praxis wird die Formel (6) sehr schnell mit Hilfe von Nomogrammen ausgewertet.

keit sich aus den vorliegenden Messungen von  $I$  und  $L$  dieser Faktor  $\cos \varphi$  gewinnen läßt.

Zunächst kann man aus den in Tafel 1 gegebenen Urwerten jedesmal die Quotienten  $\cos \varphi = L/220 I$  berechnen und aus dieser Wertreihe den Mittelwert  $\cos \varphi$  bestimmen<sup>4</sup>. Tafel 3 zeigt diesen Rechengang.

Die Gleichung (8) fordert einen linearen Zusammenhang zwischen  $L$  und  $I$ . Wenn die Zufallsschwankungen dieser beiden Meßreihen (Tafel 1) völlig unabhängig voneinander sind, dann wird sich ein Zusammenhangsgesetz aus diesen Meßwerten nicht wieder auffinden lassen. Prägt dagegen die Bindung (8) auch den Zufallsschwankungen mehr oder weniger deutlich ihren Einfluß auf, so gehorchen die gemessenen Wertepaare von  $x$  und  $y$  mehr oder weniger stark einer linearen Tendenz, deren Grenzfall die wirklich exakte Erfüllung der Gleichung (8) wäre. Die Straffheit der linearen Tendenz (Korrelation) zwischen  $x$  und  $y$  wird durch den Korrelationskoeffizienten

$$r_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x}) \cdot (y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2 \cdot \sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

gemessen, dessen Absolutwert stets zwischen 0 und 1 liegt.  $r_{xy} = 0$  bedeutet, daß keinerlei lineare Tendenz vorhanden ist, und  $r_{xy} = 1$  heißt, daß die Wertepaare  $x, y$  exakt der Gleichung (8) genügen. Die in (9) auftretende Zählersumme findet man schnell nach der Beziehung

$$\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x}) (y_j - \bar{y}) = \sum_{j=1}^N (x_j y_j - \bar{x} y_j - \bar{y} x_j + \bar{x} \bar{y}) = \sum_{j=1}^N x_j y_j - N \bar{x} \bar{y} \quad (10)$$

wobei  $\bar{x}$  und  $\bar{y}$  glatte Zahlen als angenäherte Mittel sind und

$$d_x = \bar{x} - \bar{x}' \text{ und } d_y = \bar{y} - \bar{y}'$$

ihre Abweichungen von den wahren Mitteln bedeuten. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten nach (9) aus den Werten der Tafel 1 ergibt die Tafel 4. Bei der Abgabe des Werturteils „zufällig“, „gesichert“ oder „zwei-

Tafel 4. Korrelation zwischen Strom und Leistung

	Motor A mit Kugellagern		Motor B mit Gleitlagern	
	Leerlauf	Kurzschluß	Leerlauf	Kurzschluß
Korrelationskoeffizient	0,70	0,95	0,12	0,94
Die Korrelation ist	zweifelhaft	gesichert	zufällig	gesichert

felhaft“ muß außer der Größe des Korrelationskoeffizienten selbst auch die Zahl  $N$  der Wertepaare berücksichtigt werden, aus denen er berechnet wurde. Auch aus einem hohen Korrelationskoeffizienten darf nicht eine gesicherte Korrelation erschlossen werden, wenn er nur aus wenigen Wertepaaren — drei sind ihre Mindestzahl — ermittelt wurde. Zur Entscheidung bildet man den Ausdruck

$$t = \frac{r \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (11)$$

und vergleicht den so errechneten  $t$ -Wert mit den Werten aus Bild 1 für den Freiheitsgrad  $n = N - 2$ . Man ist übereingekommen, eine Korrelation als „gesichert“ anzusprechen, wenn der errechnete  $t$ -Wert größer ist als der in Bild 1 abgelesene Wert bei  $S = 99\%$ , und die Korrelation „zufällig“ zu nennen, wenn der errechnete Wert kleiner ist als der für  $S = 95\%$  abgelesene. Liegt der errechnete Wert in dem Intervall  $S = 95 \dots 99\%$ , so ist die Korrelation „zweifelhaft“.

Einen anschaulichen Eindruck von der „Straffheit“ der linearen Tendenz erhält man, wenn man die Wertepaare

<sup>4</sup> Der Mittelwert  $\bar{z}$  einer Quotientenreihe  $z_i = y_i : x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) ist allg. nicht gleich dem Quotienten  $\bar{y} : \bar{x}$  der Mittelwerte  $\bar{y}$  und  $\bar{x}$ .

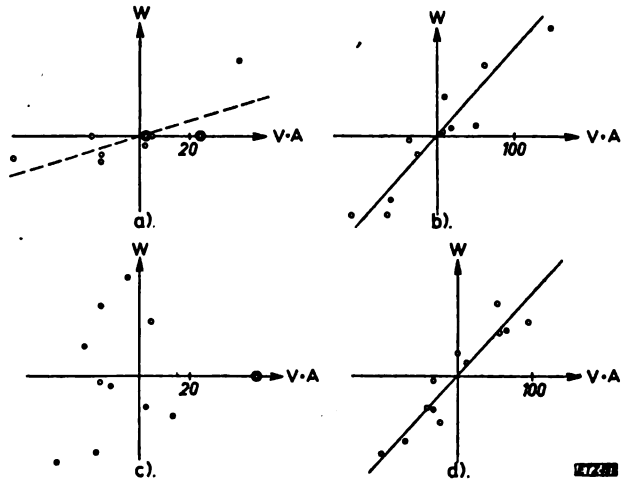


Bild 2a. Motor A mit Kugellagern; Korrelationsbild beim Leerlaufversuch (Watt und Volt-Ampere als Abweichungen vom Mittelwert).  $N = 11, r = 0,70$ .  
 Bild 2b. Motor A mit Kugellagern; Korrelationsbild beim Kurzschlußversuch.  $N = 11, r = 0,95$ .  
 Bild 2c. Motor B mit Gleitlagern; Korrelationsbild beim Leerlaufversuch.  $N = 12, r = 0,12$ .  
 Bild 2d. Motor B mit Gleitlagern; Korrelationsbild beim Kurzschlußversuch.  $N = 12, r = 0,94$ .

$(x_j - \bar{x}), (y_j - \bar{y})$  als Punkte in einem  $xy$ -Achsenkreuz einträgt. Die Bilder 2a ... 2d zeigen die sich ergebenden Punkthäufen für die vier vorliegenden Fälle. Diese Bilder spiegeln ebenso wie Tafel 4 deutlich den Einfluß der verschiedenen Lagerung wider. Während beim Leerlaufversuch des Motors B mit Gleitlagern eine lineare Tendenz in dem Punkthaufen des Bildes 2c ( $r = 0,12$ ) nicht mehr erkennbar ist, kann sie jedenfalls beim Motor A mit Kugellagern (Bild 2a,  $r = 0,70$ ) noch vermutet werden. Beim Kurzschlußversuch dagegen, bei dem ja die Lagerung keine Rolle spielt und rein elektrische Eigenschaften in Betracht kommen, ist gleichermaßen bei beiden Motoren eine straffe lineare Tendenz vorhanden (Bild 2b,  $r = 0,95$  und Bild 2d,  $r = 0,94$ ). Die „beste“ Gerade, die dieser Tendenz folgt, geht durch den Schwerpunkt  $\bar{x}, \bar{y}$  des Haufens (Koordinatenanfangspunkt) unter einem Anstieg  $\tan \gamma$ , der sich aus

$$\tan 2\gamma = \frac{2 \cdot \sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x}) (y_j - \bar{y})}{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2 - \sum_{j=1}^N (y_j - \bar{y})^2} \quad (12)$$

berechnen läßt.

Bestimmt man wie früher für Strom und Leistung nunmehr auch für den Phasenverschiebungsfaktor  $\cos \varphi$  den Variationskoeffizienten sowie die Vertrauensbereiche des Mittelwertes und die Schätzwerte für die Zahl der erforderlichen Messungen für eine Toleranz von 1%, so erhält man die in Tafel 5 zusammengestellten Werte.

Tafel 5. Mittelwerte mit Vertrauensbereichen für den Phasenverschiebungsfaktor  $\cos \varphi$

	Motor A mit Kugellagern		Motor B mit Gleitlagern	
	Leerlauf	Kurzschluß	Leerlauf	Kurzschluß
Anzahl der Messungen	11	11	17	12
Mittelwert	0,204	0,738	0,265	0,772
Variationskoeffizient	3,4%	1,8%	10,2%	2,0%
Vertrauensbereich des Mittelwertes	$S = 95\%$	2,3%	1,2%	6,5%
	$S = 99\%$	3,3%	1,7%	9,2%
	$S = 99,9\%$	4,7%	2,5%	13,1%
Schätzwert für die Zahl der Messungen, die erforderlich sind, um den Mittelwert auf 1% genau festzulegen.	$S = 95\%$	46	16	400
	$S = 99\%$	80	26	690
	$S = 99,9\%$	130	39	1200

Schon bei den Variationskoeffizienten zeigt sich der Einfluß der mehr oder weniger ausgeprägten Korrelation. Während beim Leerlauf des Motors B mit Gleitlagern wegen der nur zufälligen Korrelation ( $r = 0,12$ ) zwischen Strom ( $V_x = 5,5\%$ ) und Leistung ( $V_y = 9,2\%$ ) der Variationskoeffizient des Phasenverschiebungsfaktors den hohen Wert  $V = 10,2\%$  besitzt, hat er beim Kurzschlußversuch des Motors A ( $V_x = 2,8\%$ ,  $V_y = 4,2\%$ ) unter Einfluß der starken Korrelation ( $r = 0,95$ ) nur den Wert  $V = 1,8\%$ . Infolgedessen werden, wie weiter aus Tafel 5 hervorgeht, schätzungsweise 400 Messungen im Leerlauf des Motors B nötig sein, um mit 95prozentiger Sicherheit den Mittelwert von  $\cos \varphi$  auf 1% genau festzulegen, während man die gleiche Forderung beim Kurzschlußversuch des Motors A schätzungsweise schon mit 16 Messungen erfüllen kann.

Die letzte Frage schließlich betrifft die geplante Serienproduktion selbst. Mit welcher prozentualen Toleranz können die Werte für Strom, Leistung und Phasenverschiebungsfaktor angegeben werden, wenn ein Ausschuß von  $A\%$  der Produktion zugelassen wird? Die Glockenkurve Bild 3 zeigt die Verteilung, mit der das Merkmal  $x$  (Strom bzw. Leistung bzw. Phasenverschiebungsfaktor) auftritt. Der Toleranzbereich, der von  $x_u$  bis  $x_o$  reicht und  $\pm T\%$  des Mittelwertes  $M$  umfaßt, ist so zu bestimmen, daß der beidseitige Ausschuß  $A\%$  der Produktion beträgt.

Wenn diese Frage aus den Ergebnissen eines Vorlaufs von geringem Umfang ( $N = 11$  bzw. 12 Messungen) beantwortet werden soll, so sind dabei die Vertrauensgrenzen zu berücksichtigen, die mit einer gewissen statistischen Sicherheit  $S\%$  aus den  $N$ -Messungen ermittelt wurden. Man kann ferner aus dem Ergebnis des Vorlaufs schätzen, wie eng sich der Toleranzbereich der Produktion angeben lassen wird, wenn man einen größeren Vorlauf (z. B.  $N = 50$ ) oder schließlich sehr viel Meßwerte aus der Serie zur Verfügung haben wird. Diese Schätzwerte beruhen auf der Annahme, daß der aus  $N = 11$  bzw. 12 Messungen ermittelte Variationskoeffizient  $V$  auch noch für die umfangreicheren Meßreihen Gültigkeit besitzt.

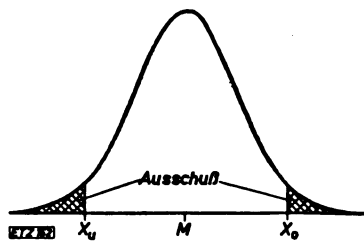


Bild 3. Normalverteilungsbild nach der Gaußschen Glockenkurve.

Tafel 6.  $\omega$ -Werte für  $S = 95\%$

		Anzahl der Messungen			
		$N = 11$	$N = 12$	$N = 50$	$N \rightarrow \infty$
Ausschuß	$A = 3\%$	2,82	2,76	2,29	2,17
	$A = 5\%$	2,57	2,50	2,07	1,96
	$A = 10\%$	2,17	2,11	1,75	1,64

Die Toleranzprozente  $T\%$  ergeben sich unter der Voraussetzung einer normal verteilten Gesamtheit aus der Beziehung

$$T\% = \pm \omega \cdot V\% \tag{13}$$

mit

$$\omega = \frac{t}{\lambda \sqrt{N}} \cdot [\lambda + \lambda_A \cdot \sqrt{N}]$$

Dabei bedeuten:

- $T\%$  Toleranzprozente der Produktion bei  $A\%$  Ausschuß,
- $V\%$  Variationskoeffizient aus  $N$  Meßwerten,
- $t$  Kennziffer der  $t$ -Verteilung (Bild 1) für  $n = N - 1$  und die statistische Sicherheit  $S\%$ ,

Tafel 7. Motor A (mit Kugellagern); Toleranzbereiche für die Einzelwerte in Prozenten des Mittelwerts ( $S = 95\%$ )

	Leerlauf			Kurzschluß			Ausschuß
	Strom	Leistung	$\cos \varphi$	Strom	Leistung	$\cos \varphi$	
Erwartungswert nach der Vorprobe von $N = 11$ Messungen	11,8%	12,7%	9,7%	7,9%	11,8%	5,2%	$A = 3\%$
	10,8%	11,6%	8,8%	7,2%	10,8%	4,8%	$A = 5\%$
	9,1%	9,8%	7,4%	6,1%	9,1%	4,0%	$A = 10\%$
Schätzwert nach einem Vorlauf von $N = 50$ Messungen	9,6%	10,3%	7,9%	6,4%	9,6%	4,2%	$A = 3\%$
	8,7%	9,3%	7,1%	5,8%	8,7%	3,8%	$A = 5\%$
	7,4%	7,9%	6,0%	4,9%	7,4%	3,2%	$A = 10\%$
Schätzwert nach Vorliegen von sehr vielen Messungen aus der Serie [ $N \rightarrow \infty$ ]	9,1%	9,8%	7,4%	6,1%	9,1%	4,0%	$A = 3\%$
	8,2%	8,8%	6,7%	5,5%	8,2%	3,6%	$A = 5\%$
	6,9%	7,4%	5,6%	4,6%	6,9%	3,0%	$A = 10\%$

Tafel 8. Motor B (mit Gleitlagern); Toleranzbereiche für die Einzelwerte in Prozenten des Mittelwerts ( $S = 95\%$ )

	Leerlauf			Kurzschluß			Ausschuß
	Strom	Leistung	$\cos \varphi$	Strom	Leistung	$\cos \varphi$	
Erwartungswert nach der Vorprobe von $N = 12$ Messungen	15,2%	25,4%	28,2%	8,3%	15,5%	5,5%	$A = 3\%$
	13,7%	23,0%	25,5%	7,5%	14,0%	5,0%	$A = 5\%$
	11,6%	19,4%	21,5%	6,3%	11,8%	4,2%	$A = 10\%$
Schätzwert nach einem Vorlauf von $N = 50$ Messungen	12,6%	21,0%	23,4%	6,9%	12,8%	4,6%	$A = 3\%$
	11,4%	19,0%	21,1%	6,2%	11,6%	4,1%	$A = 5\%$
	9,6%	16,1%	17,9%	5,3%	9,8%	3,5%	$A = 10\%$
Schätzwert nach Vorliegen von sehr vielen Messungen aus der Serie [ $N \rightarrow \infty$ ]	11,9%	20,0%	22,1%	6,5%	12,2%	4,3%	$A = 3\%$
	10,8%	18,0%	20,0%	5,9%	11,0%	3,9%	$A = 5\%$
	9,0%	15,1%	16,7%	4,9%	9,2%	3,3%	$A = 10\%$

$\lambda$  Kennziffer der Normalverteilung für die statistische Sicherheit  $S\%$  ( $t \rightarrow \lambda$  für  $n \rightarrow \infty$ )

$\lambda_A$  Kennziffer für den Ausschuß  $A\%$ .

Die letzte Kennziffer  $\lambda_A$  wird bei beidseitigem Ausschuß aus der Beziehung

$$\Phi(\lambda_A) + \Phi\left(\lambda_A + \frac{2\lambda}{\sqrt{N}}\right) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{100} \cdot A\%\right] \tag{14}$$

gewonnen, wobei

$$\Phi(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\lambda}^{+\lambda} e^{-\frac{\lambda^2}{2}} \cdot d\lambda$$

ist. Die numerischen Werte dieses Fehlerintegrals finden sich in jedem Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitslehre oder Statistik.

Der folgenden Zahlenauswertung des Motorenbeispiels ist stets die statistische Sicherheit  $S = 95\%$  zugrunde gelegt. Für sie ergeben sich nach (13) und (14) für  $\omega$  die Werte der Tafel 6, wobei der Ausschuß mit  $A = 3\%$  bzw.  $5\%$  bzw.  $10\%$  angesetzt ist. Berechnet man schließlich mit diesen  $\omega$ -Werten nach (13) die Toleranzen  $T\%$  bei  $A\%$  Ausschuß sowohl für Motor A wie B jeweils für Strom, Leistung und Phasenverschiebungsfaktor bei Leerlauf und bei Kurzschluß, so erhält man die in den Tafeln 7 und 8 niedergelegten Ergebnisse.

Generell ergeben sich für den Motor A mit Kugellagern die kleineren Toleranzbereiche, die allerdings nach dem Ergebnis der Vorprobe von 11 Messungen und einem zugestandenen Ausschuß von  $3\%$  nur beim  $\cos \varphi$  und beim Kurzschlußstrom unter  $10\%$  liegen. Die Kurzschlußwerte sind stets schärfer als die Leerlaufwerte, am besten ist  $\cos \varphi$  beim Kurzschluß, am ungenauesten die Leerlaufleistung festgelegt. In der späteren Serienherstellung darf damit gerechnet werden, daß alle Toleranzbereiche unter  $10\%$  sinken. Eine Erhöhung des zugestandenen Ausschusses bis auf  $10\%$  drückt die Toleranzbereiche nur geringfügig herab.

Beim Motor B mit Gleitlagern liegen alle Kurzschlußtoleranzen fast in gleicher Höhe wie beim Motor A, dagegen sind die Leerlaufwerte durch den Einfluß der Lagerung

aus der Vorprobe von 12 Messungen noch sehr ungenau festgelegt ( $T \approx 25\%$  bei der Leistung und  $T \approx 28\%$  für  $\cos \varphi$ ). Auch bei der künftigen Serie sind hier — wenn nicht produktionstechnische Änderungen durchgeführt werden — Toleranzen bis zu 22% zu erwarten.

Die weitere Bewertung der in den Tafeln 7 und 8 zusammengestellten Ergebnisse und die Schlußfolgerungen daraus sind nicht mehr Sache der technischen Statistik, sondern gehen gleichermaßen die Fertigungstechnik und das kaufmännische Ressort an. Praktisch-statistische Methoden lassen sich dann bei der Fertigung selbst wieder einsetzen, am besten in Form der hier nicht mehr behandelten Kontrollkarten, mit deren Hilfe eine sozusagen automatische Qualitätsüberwachung der Fabrikation während der Fertigung — nicht erst nachträglich, wenn ein zu hoher Ausschuß schon produziert ist — erreicht wird. Sowohl bei der Planung wie bei der Fertigung erwächst den modernen Verfahren der technischen Statistik ein weites Feld.

### Zusammenfassung

An einem Beispiel der elektrotechnischen Fertigung werden die statistischen Schlußweisen dargelegt, die sich auf die Beobachtungswerte einer Stichprobe kleinen Umfanges ( $N = 11$  bzw. 12) gründen. Mittelwert und Streuung, die aus so wenigen Werten berechnet werden, verdienen innerhalb gewisser Grenzen Vertrauen, die mit vorgeschriebener statistischer Sicherheit angebar sind. Danach läßt sich die Zahl der Messungen schätzen, die zur Festlegung der Mittelwerte mit geforderter Genauigkeit zu erwarten sind, und schließlich können mit Hilfe dieser Daten aus der Vorplanung die Toleranzgrößen für die kommende Produktion im Zusammenhang mit einem zugestandenen Ausschuß abgeschätzt werden. Diese Anwendungen der mathematischen Statistik, die sich allein auf eine Stichprobe kleinen Umfanges (Vorlauf) stützen, wären nach anlaufender Serie durch die modernen Verfahren der laufenden statistischen Qualitätskontrolle zu ergänzen.

### Schrifttum

- [1] Büchel: Statistische Methoden in der Fabrikationskontrolle. Betriebswiss. Institut an d. Eidgenöss. T. H., Zürich, 1950.
- [2] Fisher, R. A.: The design of experiments. Edinburgh and London, Oliver and Boyd, 1949, fifth edition.
- [3] Fornallaz, P.: Die Wahrscheinlichkeitsrechnung im Dienste der Arbeitsanalyse. Industr. Organisation (1940) Nr. 3 u. 4.
- [4] Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Verlag Birkhäuser, Basel 1945.
- [5] Koller, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Verlag Th. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1943, 2. Aufl.
- [6] Sampling Inspection. Principles, Procedures, and Tables for Single, Double and Sequential Sampling in Acceptance Inspection and Quality Control Based on Percent Defective. By the Statistical Research Group, Columbia University. McGraw-Hill, New York 1948.
- [7] Tippett, L. H. C.: The Methods of Statistics. Williams and Norcate, third edition.
- [8] Mitteilungsblatt für Mathematische Statistik. Deutsche Statistische Gesellschaft, München.

## Stellungnahme des Versuchsingenieurs

Von Karl Roewer, Wuppertal

Der Elektrotechniker verwendet eine ganze Anzahl mathematischer Methoden zur Beschreibung und Analyse der im Experiment beobachteten oder zu beobachtenden Erscheinungen. Unbekannt sind ihm aber meist die neueren statistischen Verfahren zur Auswertung von Versuchsergebnissen. Die immer häufiger benutzte Serienherstellung stützt sich auf Versuchsergebnisse, wobei vom wirtschaftlichen Standpunkt aus Aufschluß über die Möglichkeit einer besseren Materialausnutzung, vom Standpunkt der Qualität aus Aufschluß über die Gleichmäßigkeit der Fertigung gefordert wird. Versuche sind kostspielig und zeitraubend. Der Wirtschaftler wird auf eine kleine Zahl drängen, der Versuchsingenieur wird, „um sicher zu gehen“, eine umso höhere Zahl für nötig erachten, je größer sein Verantwortungsbewußtsein ist und je vielfältiger und unbekannter die Einflüsse von Ausgangsstoff und Fertigung auf das Endprodukt sind. Um nicht „gefühlsmäßige“ Schlüsse zu ziehen, bleibt nur die nüchterne Beurteilung der Ergebnisse nach Methoden

der mathematischen Statistik übrig. Solch eine Beurteilung ist in anderen Industrien, wie z. B. im Textilwesen, schon seit langer Zeit selbstverständlich, bedeutet aber für die elektrotechnische Fertigung noch Neuland.

In dem vorstehenden Aufsatz ist die Anwendung dieser mathematisch-statistischen Methoden an einem Beispiel durchgeführt. Dabei ist die Auswahl des Beispiels nicht maßgebend und Messungen an Bauteilen, wie Elektronenröhren, Kondensatoren, Widerständen usw. lassen sich nach den gleichen Methoden statistisch analysieren. Die Meßergebnisse wurden dem Mathematiker ohne nähere Erläuterung übergeben, und es ist nun die Aufgabe des Versuchsingenieurs, aus den Ergebnissen der statistischen Analyse seine Schlußfolgerungen zu ziehen.

Der für die Fertigung der behandelten Kleinmotoren verantwortliche Versuchsingenieur entnimmt zunächst dem statistischen Gutachten, daß die geringe Zahl der durchgeführten Versuche die Festlegung von Erwartungsdaten für die Fertigung ermöglicht. Darüber hinaus kann er sich für die anlaufende Fertigung bestimmte Vorstellungen für die zu erwartenden Ausschußzahlen und ihr Verhältnis zur geforderten Toleranz der Garantiewerte machen. Die in der Statistik üblichen Begriffe und Vergleichsmaßstäbe bilden hierfür das tragende Gerüst.

Aufschlußreich ist der Begriff der statistischen Sicherheit und vor allem der Umstand, wie sehr eine erhöhte Sicherheitsforderung alle statistischen Daten verändert. Dem Ansatz einer 95prozentigen Sicherheit kann bei einem normalen Fabrikationsgang wie in diesem Beispiel zugestimmt werden. Mittelwert und Streuung sind dem Meßtechniker durchaus geläufige Begriffe, während die Bildung des Variationskoeffizienten als relatives Vergleichsmaß noch nicht allgemein üblich ist. Wesentlich sind der Begriff der Vertrauensgrenzen des Mittelwertes und die geschätzten höheren Versuchszahlen, die zu einer geringfügigen Verengung dieses Vertrauensbereiches erforderlich wären. Hier wird der Praktiker danach streben, zur Vermeidung der hohen Versuchszahlen vielmehr Maßnahmen zur Verengung der Streuung und damit der Vertrauensgrenzen zu suchen.

Den korrelativen Beziehungen, die rein mathematisch aus den wenigen Messungen ohne Benutzung elektrotechnischer Gesichtspunkte gewonnen wurden, wird der Meßtechniker in dem vorliegenden Beispiel ohne weiteres zustimmen. Die gesicherte Korrelation bei den Kurzschlußwerten, bei denen ja nur elektrische bzw. elektromagnetische Eigenschaften eingehen, sind ebenso einleuchtend wie die zufällige oder zweifelhafte Korrelation der Leerlaufwerte, bei denen die unsicheren Reibungserscheinungen hinzukommen. Besonders wichtig ist für die Vorplanung und Fertigung die im Schlußteil des vorstehenden Aufsatzes durchgeführte Festlegung der zu erwartenden Toleranzgrenzen unter der Bedingung eines vertretbaren Ausschusses. Aus den in den Tafeln 7 und 8 zusammengestellten Ergebnissen wird der Planungsingenieur den Schluß ziehen, daß die geringe Einengung der Toleranzen mit der dazu erforderlichen Erhöhung des Ausschusses viel zu teuer erkauft ist.

So bringt in Tafel 7 eine Verengung der Toleranzen auf den 0,77fachen Wert einen Anstieg des Ausschusses auf den 3,3fachen Wert mit sich. Um die Toleranzgrößen durch genauere Bestimmung der Mittelwerte auf das etwa 0,8fache einzuengen, bedarf es bereits einer Erhöhung der Probenzahl auf das 5,5fache. Wird also die Forderung nach Verengung der Toleranzen vom Abnehmer erhoben, so wird die Fertigung besser tun, die Einflüsse auf die Streuung zu ergründen und klein zu halten, als einen stark vergrößerten Ausschuß in Kauf zu nehmen.

Auf jeden Fall muß vom Standpunkt des Fertigungsingenieurs aus unterstrichen werden, daß die statistischen Auswertmethoden die Sicherheit und den Überblick bei Planung und Fertigung steigern und daß diese Methoden bei solchen Aufgaben in weit stärkerem Maße als bisher eingesetzt werden sollten.

# Die Schiefast von Drehstromgeneratoren

Von H. Happoldt, Viernheim

DK 621.313.3.016.313

**Übersicht.** In neuerer Zeit macht sich in verstärktem Maße das Bedürfnis geltend, für die unsymmetrische Belastung von Generatoren eine Definition festzulegen. Ausgehend von einer beliebigen unsymmetrischen Belastung wird nachstehend die Größe der Unsymmetrie ermittelt und — darauf aufbauend — eine Definition der Schiefast vorgeschlagen.

Ein Drehstromgenerator ohne Nullpunkt sei nach Bild 1a auf 3 unsymmetrische Widerstände belastet, die das Fließen der Ströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  zur Folge haben. Die Größe und Phasenlage der Ströme sei durch Bild 1b gegeben. Die Zusammensetzung dieser 3 Ströme ergibt das „schiefe“ Dreieck BCA (Bild 1c).

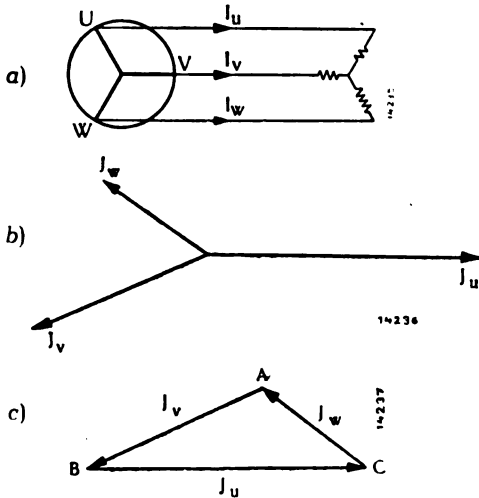


Bild 1. Drehphasen-Generator, belastet mit den unsymmetrischen Strömen  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  (a); Größe und Phasenlage der unsymmetrischen Ströme (b); Zusammensetzung der 3 unsymmetrischen Ströme (c).

Eine unsymmetrische Belastung läßt sich immer als Summe einer symmetrischen und einer Einphasenbelastung darstellen. Die Ersatzschaltung zeigt Bild 2. Hiernach setzt sich der vom Generator zu liefernde Strom aus 3 symmetrischen Strömen von der Größe  $I_s$ , die um  $120^\circ$  gegeneinander phasenverschoben sind, und einem zwischen V und W fließenden Einphasenstrom zusammen. Die Zusammensetzung der symmetrischen Ströme  $I_U$  ergibt das gleichseitige Dreieck BCA' (Bild 3). Konstruiert man über  $I_U$  auch das schiefe Dreieck BCA, so erhält man den Einphasenstrom  $I_s$  in einfacher Weise als Verbindungsstrecke zwischen den Spitzen des „schiefen“ und des symmetrischen Dreiecks.

Der unsymmetrische Strom  $I_V$  ist die Summe von  $I_U \cdot e^{-j120^\circ}$  und  $I_s$ ; der unsymmetrische Strom  $I_W$  ist die Differenz von  $I_U \cdot e^{j120^\circ}$  und  $I_s$ .

Man kann auch davon ausgehen, daß der Generator auf 3 gleiche Phasenwiderstände belastet ist, die so groß sind, daß in den 3 Phasen um  $120^\circ$  gegeneinander phasenverschobene Ströme von der Größe  $I_s$  fließen. Man erhält dann unsymmetrische Ströme gleicher Größe wie in Bild 1b, wenn man zwischen den Phasen W und U eine Impedanz anschließt, die einen gleich großen einphasigen Strom  $I_s$  fließen läßt. Ähnlich verfährt man, wenn man von einem symmetrischen Strom

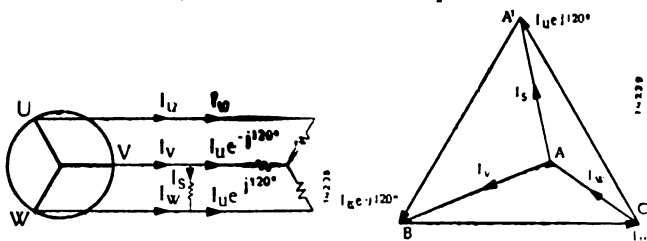


Bild 2. Ersatzschaltung für den unsymmetrisch belasteten Dreiphasen-Generator.

Bild 3. Ermittlung des Einphasenstromes  $I_s$ .

$I_W$  ausgeht. Infolge des Einphasenstromes  $I_s$  geht das gleichseitige Dreieck in das „schiefe“ Dreieck über.

Es wird vorgeschlagen, diesen Einphasenstrom  $I_s$ , bezogen auf den Generator-nennstrom  $I_n$ , als Schiefast  $S$  zu bezeichnen. Für die prozentuale Schiefast gilt somit:

$$S_{\%} = \frac{I_s}{I_n} \cdot 100$$

**Beispiel:** Ein Generator für 40 000 kVA, 10 500 V, 2 200 A sei mit folgenden Strömen unsymmetrisch belastet:  $I_U = 1000$  A,  $I_V = 1200$  A,  $I_W = 1500$  A. Die Zusammensetzung nach Bild 4 ergibt  $I_s = 320$  A. Somit beträgt die Schiefast  $S = 320 \cdot 100 / 2200 = 14,5\%$ .

Außer der einfachen Konstruktion für die Ermittlung der „Schiefast“ sprechen noch weitere Gründe für die Wahl des einphasigen Stromes zur Kennzeichnung der unsymmetrischen Belastung eines Generators. Der einphasige Strom, die häufigste Ursache einer unsymmetrischen Belastung, wird unmittelbar zur Definition der Schiefast herangezogen. Ist ein Generator nur zwischen zwei Phasen mit dem Nennstrom belastet, so stellt dies eine 100%ige Schiefast dar. Beim Nachweis für die Zulässigkeit einer bestimmten Schiefast wird man immer so vorgehen, daß man den Generator einphasig belastet.

Die so definierte Schiefast ist gleichzeitig ein Maß für die Gegenkomponente, bezogen auf den Nennstrom. Aus Bild 5 erkennt man, daß bei der Zerlegung des Einphasenstromes in eine Mit- und in eine Gegenkomponente diese beiden gleich groß sind. Die Gegenkomponente ist der  $\frac{1}{3}$  Teil des einphasigen Stromes oder die wie vor definierte Schiefast ist das  $\sqrt{3}$ fache der Gegenkomponente, bezogen auf den Nennstrom.

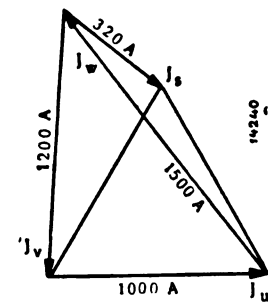


Bild 4. Ermittlung der Schiefast eines Generators, belastet mit den unsymmetrischen Strömen 1000, 1200 u. 1500 A.

Die auf den Nennstrom bezogene Gegenkomponente muß der Konstrukteur bei Bemessung der Dämpferwicklung für Generatoren berücksichtigen; es erübrigt sich jedoch, diese wenig anschauliche Größe als Definition der Schiefast heranzuziehen, da die Schiefast nach der vorgeschlagenen Definition sich nur durch den Faktor  $\frac{1}{3}$  von der auf den Nennstrom bezogenen Gegenkomponente unterscheidet.

Nachteilig wäre es, wenn man die Gegenkomponente bezogen auf den Generator-nennstrom zur Definition der Schiefast heranziehen würde; dann wäre eine Schiefast von 100% durch eine einphasige Belastung von 173% des Generator-Nennstromes gegeben.

Die mathematischen Zusammenhänge zwischen den unsymmetrischen Strömen  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  und den symmetrischen Strömen  $I_U$ ,  $I_U \cdot e^{-j120^\circ}$  und  $I_U \cdot e^{j120^\circ}$  sowie dem einphasigen Strom  $I_s$  sind:

$$I_U = I_U \tag{1}$$

$$\hat{I}_V = \hat{I}_U e^{-j120^\circ} + \hat{I}_s \tag{2}$$

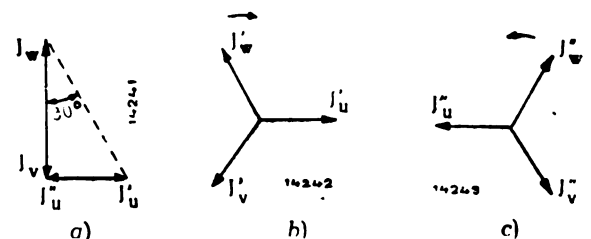


Bild 5. Zerlegung einer einphasigen Last in Mit- und Gegenkomponente



$$\hat{I}_w = \hat{I}_u e^{j120^\circ} - \hat{I}_s \quad (3)$$

Hieraus folgt:

$$\hat{I}_s = j \frac{\sqrt{3}}{2} I_u + \frac{\hat{I}_v - \hat{I}_w}{2} \quad (4)$$

Der Ausdruck für  $\hat{I}_s$  nach Gl. (4) ist in Bild 6 als Summe von  $GA' = j \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{I}_u$  und  $AG = \frac{\hat{I}_v - \hat{I}_w}{2}$  angedeutet.

Zerlegt man die unsymmetrische Belastung nach der Methode der symmetrischen Komponenten in ein symmetrisches Mit- und ein symmetrisches Gegensystem, so gilt für die Phase U:

$$\hat{I}'_u = \frac{\hat{I}_u}{3} + \frac{\hat{I}_v}{3} e^{j120^\circ} + \frac{\hat{I}_w}{3} e^{-j120^\circ} \quad (5)$$

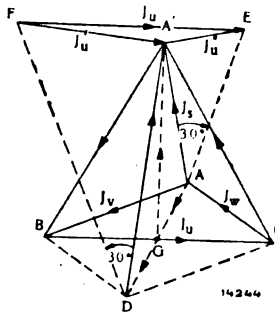


Bild 6. Ermittlung der einphasigen Last und der Mit- und Gegenkomponente.

$$j \hat{I}'_u \sqrt{3} = j \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{I}_u - \left( \frac{\hat{I}_v - \hat{I}_w}{2} \right) \quad (6)$$

$$\hat{I}'_u = \frac{\hat{I}_u}{3} + \frac{\hat{I}_v}{3} e^{-j120^\circ} + \frac{\hat{I}_w}{3} e^{j120^\circ} \quad (7)$$

$$j \hat{I}''_u \sqrt{3} = j \frac{\sqrt{3}}{2} \hat{I}_u + \left( \frac{\hat{I}_v - \hat{I}_w}{2} \right) \quad (8)$$

Die Gegenkomponente  $I''_u$  und der einphasige Strom  $I_s$  stehen, wie aus vorstehenden Gleichungen hervorgeht und auch schon aus den Diagrammen 5a, 5b und 5c abgeleitet wurde, in folgendem Zusammenhang:

$$I''_u = - \frac{j}{\sqrt{3}} I_s; \quad (9)$$

daher gilt:

$$\left| \frac{I''_u}{I_n} \right| 100 = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{I_s}{I_n} \right| 100 = \frac{S_{00}}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

Das vorerwähnte Verfahren für die Ermittlung der Schiefast kann nach Gl. (9) in einfacher Weise zum Auffinden der Gegenkomponente nach Größe und Richtung erweitert werden. Man bildet nach Bild 6 das rechtwinklige Dreieck AA'E mit dem Winkel A'AE = 30°, dann stellt A'E die Gegenkomponente  $I''_u$  dar, die entsprechend Gleichung (9)  $I_s$  um 90° nachilt und den  $\sqrt{3}$ -Teil von  $I_s$  beträgt, da  $\frac{A'E}{AA} = \text{tg } 30^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$ . Die Mitkomponente  $I'_u$  kann als geometrische Differenz von  $I_u$  und  $I''_u$  ermittelt werden, da  $I'_u = I_u - I''_u$  ist, oder man konstruiert den Strom  $j I'_u \sqrt{3}$  nach Gl. (6), der durch die Strecke DA' dargestellt wird, während  $I_u$  durch die Strecke FA' im rechtwinkligen Dreieck FA'D mit dem Winkel A'DF = 30° gebildet wird.

## Funk-Entstörung und Elektroindustrie

Von F. Carqué, Karlsruhe

DK 621.396.828

**Übersicht.** Der Aufsatz behandelt die Notwendigkeit, Rundfunkstörungen schon im Entstehen zu bekämpfen, und fordert, daß bereits bei der Fabrikation der störfähigen Geräte die nötigen Maßnahmen getroffen werden. Die Entwicklung des Gedankens der Funkentstörung, die Bestrebungen des VDE<sup>1</sup> und der Post auf diesem Gebiet werden kurz umrissen.

Im Bundesgebiet besitzen rd. 60% aller Haushalte ein Rundfunkgerät. Die Marktbeobachtung und die stetig wachsenden Rundfunkhörerzahlen lassen den Zeitpunkt voraussehen, zu dem jeder Haushalt ein Rundfunkgerät haben wird. Das Bedürfnis ist vorhanden; es zu wecken, ist nicht nötig.

Die Elektroindustrie baut jedoch nicht nur Rundfunkempfänger sondern auch andere elektrotechnische Geräte und Einrichtungen, die in Heim und Haushalt sowie in den Werkstätten und Fabriken als beliebte Neuerungen und Erleichterungen im Arbeitsablauf ständig zunehmend verwendet werden. Die gesamten Erzeugnisse der Elektroindustrie beliefen sich im Jahre 1949 wertmäßig auf rund 2,4 Milliarden DM. Die Erfahrungen aus der Praxis des Funkentstördienstes der Deutschen Bundespost und anderer Stellen zeigen, daß noch viele dieser Erzeugnisse neben ihrer eigentlichen Aufgabe funktstörende Nebenwirkungen verursachen und dadurch zum Funkstörer werden. Wir stehen daher vor der Tatsache, daß einerseits das Netz der Rundfunkempfänger und andererseits das Netz der Rundfunkstörer kontinuierlich größer und dichter wird. Die Zunahme der Flächendichte für Rundfunkhörer und Rundfunkstörer führt aber bei der physikalischen Wesensgleichheit von Funkempfangs- und Störschwingungen zu Störungen beim Funkempfang. Diese Störungen durch neue Erzeugnisse der Elektroindustrie schon im Entstehen zu verhindern und die Entstörarbeiten für neue Erzeugnisse, soweit es die Entstörtechnik irgendwie zuläßt, in die Entwicklungsbüros, Konstruktions-, Versuchs- und Fabrikationsräume zu verlegen, sollte sich zu einer dringlichen Aufgabe der gesamten Elektroindustrie entwickeln.

Die Ursache der ungewollten funktstörenden Nebenwirkungen und ihre Ausbreitung sind geklärt; sie können meßtechnisch mit ausreichender Genauigkeit (wenigstens bis 20 MHz) erfaßt werden. Die Verwaltungen weisen zum Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten sieht hierfür 3 Meßverfahren vor. Es gehört jedoch nicht zur Aufgabe dieser Abhandlung, auf die technische und physikalische Seite der Funk-Entstörung einzugehen; sie soll nur skizziert und durch Hinweise auf Literaturangaben über grundlegende Arbeiten [1] ergänzt werden.

Im Prinzip sind die hochfrequenten Störungen wanderwellenartig verlaufende elektromagnetische Vorgänge, die durch Spannungs- oder Stromsprünge ausgelöst werden; sie treten bei Kommutierungsvorgängen und durch die Zündfunken von Kraftfahrzeugen in einem bestimmten Rhythmus und bei der Betätigung von Schaltern vereinzelt auf. Jede steile Strom- und damit Spannungsänderung bedeutet ein breites Frequenzspektrum [2], das von den Tonfrequenzen bis zu den Zentimeterwellen reichen kann. Diese Störspannungen breiten sich von den Kontakten, Kollektoren usw. symmetrisch zwischen den Leitungen und unsymmetrisch zwischen jedem einzelnen Leiter und Erde aus. Ein mit der Frequenz wachsender Anteil der Störenergie wird abgestrahlt (Zündanlagen von Kraftfahrzeugen). Maßgebend für die an einem Empfänger ankommende Störspannung ist neben den gegebenen örtlichen Kopplungsverhältnissen vor allem die Anpassung des Störers an das als Verbraucher wirkende Starkstromnetz; diese Anpassung bewußt schlecht zu machen, ist Aufgabe der Funk-Entstörungstechnik. Die Mittel hierzu sind bekannt. Die fabrikatorische Funk-Entstörung dürfte daher heute — wenigstens bis zu 20 MHz — weitgehend als organisatorisches und kalkulatorisches Problem zu lösen sein.

Der Gedanke, durch die elektrotechnische Industrie nur noch funktstörfreie Erzeugnisse herstellen zu lassen, ist nicht neu. Schon im Jahre 1930 hat der damalige Reichsrundfunk-

<sup>1</sup> Vgl. a. W. Mennrich: Funk-Entstörung von Maschinen, Geräten und Anlagen. S. 9 ds. Heftes.

kommissar Dr. Hans Bredow der Zweiten Weltkraftkonferenz in Berlin eine Reihe Anregungen hierzu gegeben. Dr. Bredow forderte, die Notwendigkeit eines durchgreifenden Rundfunkenschutzes gegenüber Fernwirkungen aus elektrischen Anlagen aller Art grundsätzlich anzuerkennen und die Bau- und Betriebsvorschriften für elektrische Leitungen und Geräte, wie sie für Deutschland vom VDE herausgegeben werden, planmäßig auf Änderungen zum Schutze des Funkempfangs durchzuprüfen [3]. Die Anträge sind im In- und Ausland günstig aufgenommen worden und haben zur Bildung besonderer Ausschüsse geführt. U. a. hat auch der Rat des Weltrundfunkvereins auf seiner Luzerner Tagung im Mai 1933 beschlossen, „seine wirksame Mitarbeit im Kampf gegen die Funkstörungen auf internationaler Grundlage bei der Zusammenarbeit der internationalen Gesellschaften, die sich in Paris zu diesem Zweck auf Veranlassung des internationalen Elektrotechnischen Ausschusses versammelt hatten, zur Verfügung zu stellen, um g. F. eine ständige gemischte Körperschaft zu schaffen“ [4].

Für Deutschland hat der VDE mit seinen Leitsätzen, Vorschriften und Regeln für die Funk-Entstörung [5] die theoretischen und praktischen Voraussetzungen für eine wirksame und wirtschaftliche Entstörung geschaffen, die jedoch heute nicht mehr ausreichen. Neue Regeln für die Funk-Entstörung werden vorbereitet (ETZ 71 (1950) S. 601). Der Weltnachrichtenkongreß in Atlantic City im Jahre 1947 hat zur Frage der Funk-Entstörung im Artikel 44 des auf diesem Kongreß abgeschlossenen Internationalen Fernmeldevertrags (IFV) folgende Bestimmungen aufgenommen:

#### Artikel 44 schädliche Störungen

1. Alle Funkstellen müssen — ohne Rücksicht auf ihren Verwendungszweck — so eingerichtet und betrieben werden, daß sie keine schädlichen Störungen verursachen für die Funkverbindungen oder Funkdienste der anderen Ordentlichen oder Außerordentlichen Mitglieder, der anerkannten Privatunternehmen oder der anderen Unternehmen, die ordnungsgemäß ermächtigt sind, einen Funkdienst auszuüben, und die ihren Dienst unter Beachtung der Bestimmungen der Vollzugsordnungen für den Funkdienst betreiben.

2. Jedes Ordentliche und Außerordentliche Mitglied verpflichtet sich, von den von ihm anerkannten Privatunternehmen und den anderen zum gleichen Zweck ordnungsgemäß ermächtigten Unternehmen die Beachtung der Vorschriften des vorstehenden Absatzes zu fordern.

3. Darüber hinaus halten es die Ordentlichen und Außerordentlichen Mitglieder für wünschenswert, alle praktisch möglichen Maßnahmen zu ergreifen, um zu verhindern, daß der Betrieb elektrischer Geräte und Anlagen aller Art schädliche Störungen für die in Absatz 1 dieses Artikels bezeichneten Funkverbindungen oder Funkdienste verursacht.

Im Kapitel VI, Begriffsbestimmungen, Anhang 2, sind „schädliche Störungen“ definiert:

„Jede Strahlung oder jede Beeinflussung, die die Abwicklung eines Funknavigationssdienstes oder eines Sicherheitsdienstes beeinträchtigt oder die wiederholt einen Funkdienst stört oder unterbricht, der gemäß der Vollzugsordnung für den Funkdienst arbeitet.“

Als Sicherheitsdienst wird jeder Funkdienst betrachtet, dessen Betrieb unmittelbar, sei es ständig oder auch nur vorübergehend, die Sicherheit von Menschenleben oder den Schutz von Eigentum betrifft.

Obwohl Deutschland noch nicht wieder Mitglied des Internationalen Fernmeldevereins ist, sind die Bestimmungen des IFV auf Anordnung der Besatzungsmacht auch für Deutschland bindend. So wurde „Das Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten vom 9. August 1949“ erlassen, das heute der Durchführung der Bestimmungen des Artikels 44 des IFV im Bundesgebiet dient [6]. Das Gesetz ist einen Monat nach seiner Verkündung in Kraft getreten. Zu diesem Gesetz hat das Bundespostministerium die bereits erwähnte Verwaltungsanweisung ausgearbeitet, die am 10. November 1950 im Amtsblatt Nr. 75/1950 des Bundesministers für das Post- und Fernmeldewesen veröffentlicht worden ist. Nach dieser Verwaltungsanweisung sind als Hochfrequenzgeräte im Sinne des Gesetzes anzusehen:

- Geräte oder Einrichtungen zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie für wissenschaftliche, Meß-, Unterrichts- und ähnliche Zwecke,
- elektromedizinische und elektrokosmetische Geräte zur Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers, (z. B. mit Diathermie, Ultraschall u. dgl.),
- Hochfrequenzgeräte für industrielle und gewerbliche Zwecke, (z. B. elektrische Industrieöfen u. dgl.)

d) Geräte oder Einrichtungen, die unbeabsichtigt — als Nebenwirkung — Hochfrequenzschwingungen erzeugen, wie Elektrogeneratoren und -motoren, elektrische Umformer, Gleichrichter, elektrisch betriebene Gebrauchs- und Haushaltgeräte oder ähnliche Einrichtungen.

Die Verwaltungsanweisung legt ferner die technischen Forderungen für einen störfreien Betrieb der Hochfrequenzgeräte fest und sieht für bestimmte Gerätetypen eine ausreichende Übergangsregelung vor.

Wenn auch nun schon seit zwei Jahrzehnten die fabrikatorische Funk-Entstörung neuer Funkgeräte angestrebt wird, so haben doch diese Bestrebungen bis heute nicht die erwünschte Resonanz gefunden. Die Funk-Entstörer der Deutschen Bundespost finden laufend frisch aus der Fabrik kommende Funkstörer vor, die mit verhältnismäßig technisch einfachen und auch finanziell geringen Mitteln zu entstören sind. In den Fachberichten über Energieübertragung, elektrische Maschinen, elektrische Bahnen, Installationstechnik, neuzeitliche Geräte usw. findet man selbst bei Massen- und Großstörern seit langem keinerlei Angaben mehr über eine fabrikatorische Funk-Entstörung. Vereinzelt begnügen sich die Berichte in wenigen Sätzen mit kurzen Hinweisen für eine nachträgliche Entstörmaßnahme. Die Gründe hierfür sollen nicht untersucht werden. Sicherlich haben der Krieg und seine Folgen dazu beigetragen, die vor dem Krieg vorhandenen guten Ansätze wieder versanden zu lassen. Das Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten und besonders seine Verwaltungsanweisung werden aber sicherlich dem Gedanken der fabrikatorischen Entstörung einen kräftigen Auftrieb geben, zumal da das Gesetz prohibitiven Charakter hat und durch eine vor der Inbetriebnahme liegende Genehmigungspflicht verhindern will, daß Geräte und Einrichtungen, die Funkdienste stören, in Betrieb genommen werden.

Die Deutsche Bundespost unterhält für die Aufgaben der Funk-Entstörung einen besonderen Dienstzweig, den Funk-Entstördienst, der mit allen technischen Mitteln der neuzeitlichen Funk-Entstörtechnik ausgerüstet ist. Er kann aber bei der ständig steigenden Störerflut wohl dem einzelnen Rundfunkhörer in Störfällen helfen und auch örtlich vieles verbessern, nicht aber die allgemeinen Funkempfangsverhältnisse ohne wirksame Mithilfe der Industrie mit wirtschaftlich tragbaren Mitteln wesentlich verbessern. Die gesamte elektrotechnische Industrie wird daher die Verhütung funkstörender Nebenwirkungen durch neue Erzeugnisse und Anlagen grundsätzlich als ein durch die Entwicklung bedingtes neues Aufgabengebiet betrachten müssen. Wie ein fester Deich das Land vor der hochgehenden Flut schützt, so muß die Industrie in Zukunft einen schützenden Deich bilden, der kein fabrikneues Gerät, das den Funkempfang stört, auf den Markt kommen läßt. Dieselben Aufgaben erwachsen auch den Elektrizitätsunternehmen, denen mit den VDE-Leitsätzen 0873 wirksame Maßnahmen zur Vermeidung von Funkstörungen an Leitungsanlagen gegeben sind; es fehlt nur, sie auch anzuwenden [7]. Diese Forderung ist nicht mehr eine Forderung der Zeit, sondern eine Forderung der Stunde an die gesamte Elektroindustrie.

In alle Vorschriften, Regeln und Leitsätze des VDE werden in Zukunft Bestimmungen zum Schutze des Funkempfangs einzuarbeiten sein. Es wäre zu überlegen, ob nicht vom VDE für fabrik-entstörte Geräte (ähnlich wie beim Schweizer Elektrotechnischen Verein) ein besonderes Schutzzeichen zu schaffen sein wird, und ob nicht nach einer längeren Übergangszeit nur noch solche Erzeugnisse des VDE-Zeichen erhalten, die bei der Systemprüfung [8] neben den Sicherheitsvorschriften für den Betrieb, die Feuers- und Unfallgefahr zusätzlich auch den Bedingungen für den Schutz des Funkempfangs entsprechen. Alle diese Arbeiten können jedoch nicht in kurzer Zeit erledigt werden; es wird erforderlich sein, zu ihrer Durchführung eine Art „Dreijahresplan“ zu organisieren.

Meßgeräte für die Funk-Entstörarbeiten dürften heute in keiner elektrotechnischen Fabrik mehr fehlen. Und kein Gerät sollte die Fabrik verlassen, ohne daß der Elektro-

handel auf Art und Wirksamkeit seiner Funk-Entstörung aufklärend hingewiesen wird. Fachkräfte sind aus den Hoch- und Fachschulen verfügbar.

Die Sonderausstellungen für elektrotechnische Erzeugnisse und die verschiedenen Fachtagungen bieten reichlich Möglichkeiten, funk-entstörte Erzeugnisse in der Öffentlichkeit bekanntzumachen und so die vor 20 Jahren von H. Bredow geforderte Anerkennung der Notwendigkeit eines durchgreifenden Funkstörerschutzes zu einer allgemeinen Forderung der technischen Entwicklung zu erheben.

### Schrifttum

- [1] Steidle: Rundfunkstörungen, ihre Ausbreitung und Verminderung. Veröff. Nachr.-Techn. 2/1934.  
 K. Müller: Über die Messung der charakteristischen Größen von Funkstörern. Veröff. Nachr.-Techn. 2/1934.  
 Eppen u. K. Müller: Über Messungen der Übertragung von Störungen aus dem Starkstromnetz auf Rundfunkantennen. Veröff. Nachr.-Techn. 2/1934.  
 Feldtkeller: Zur Theorie der Fortleitung von Rundfunkstörungen. Veröff. Nachr.-Techn. 2/1934.  
 Dennhardt: Zur Frage der Beseitigung von Rundfunkstörungen. Elektrizitätswirtsch. 33 (1934) H. 15.  
 Dennhardt: Über Störimpfindlichkeit von Empfangsanlagen und ihre quantitative Beurteilung. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935), H. 9.

- Dennhardt: Zur Frage der Beseitigung von Rundfunkstörungen durch Kondensatoren. EIZ 52 (1931) H. 11.  
 Dennhardt: Über die technische Normung der für die Rundfunkbeeinflussung maßgebenden Größen. Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) H. 15.  
 Scholz: Neue Aufgaben der Funkentstörung. Fernmeldetechn. Z. 1 (1948) H. 9.  
 [2] Kupfmüller: Störungsverminderung durch selektive Schaltmittel beim drahtlosen Empfang. Elektr. Nachr.-Techn. 3 (1926) H. 3.  
 [3] Fünf Jahre Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. S. 33.  
 [4] Pressemitl. d. Reichs-Rundfunk-Gesellschaft 1933, Nr. 361, Bl. 2.  
 [5] VDE 0870. Leitsätze für Kondensatoren der Rundfunk- und Entstörungstechnik.  
 VDE 0873. Leitsätze für Maßnahmen an Leitungsanlagen zur Verminderung von Rundfunkstörungen.  
 VDE 0874. Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen. (Wird durch VDE 0875/... 51 ersetzt; ETZ 1950, S. 601.)  
 VDE 0875. Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W. (Wird durch VDE 0875/... 51 ersetzt; ETZ 1950, S. 601.)  
 VDE 0876. Vorschriften für Störspannungsmeßgeräte.  
 VDE 0877. Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen.  
 [6] Aubert: Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten vom 9. 8. 1949, mit Erläuterungen, Sonderdruck.  
 [7] Dennhardt: Ursache und Messung der hochfrequenten Störfähigkeit von Isolatoren. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) H. 1.  
 Vieweg: Starkstromtechnische Gesichtspunkte zur Frage der Funk-Empfangsstörung durch Hochspannungsisolatoren. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) H. 1.  
 [8] VDE 0021. Die Prüfstelle des VDE.

## Funk-Entstörung von Maschinen, Geräten und Anlagen

(Einführung zum Entwurf 1 von VDE 0875/... 51<sup>1</sup>)

Von Wilhelm Mennerich, Heidenheim

DK 621.396.828

Seit dem Kriegsende sind in Deutschland für den Rundfunk durch Zuteilung von zu wenig Frequenzkanälen und Senderleistung die Empfangsverhältnisse unzureichend geworden, insbesondere der Kopenhagener Wellenplan brachte einschneidende Verschlechterungen. Infolge dieser mißlichen Verhältnisse suchten die Sendegesellschaften nach einer Ausweichlösung und schufen Sender im UKW-Bereich. Gleichzeitig wurden zahlreiche öffentliche Nachrichtendienste, wie Polizeifunk, Küstenfunk und Flugsicherungsfunk, ins UKW-Gebiet verlegt. Durch diese Entwicklung der Nachrichtentechnik trat die Frage der Funk-Entstörung in den Vordergrund. Bei der Suche nach einer Regelung zeigte sich, daß die vorhandenen VDE-Vorschriften nicht ausreichten. Die bestehenden Bestimmungen VDE 0874/1936<sup>2</sup> und 0875/VI.41<sup>3</sup> sind technisch überholt. Sie geben lediglich Schaltungsmaßnahmen an, ohne jedoch prüf- und meßtechnisch vorzuschreiben, welche Wirkung erreicht werden muß. Dem Stande der Technik entspricht die Vorschrift VDE 0878/VIII.43<sup>4</sup>. Sie gibt die für eine ausreichende Entstörung notwendigen Maßnahmen an, nimmt jedoch keine Rücksicht auf deren Wirtschaftlichkeit und ist als „Vorschrift für die Wehrmacht“ gegenstandslos geworden. Daher wurden die bisherigen Bestimmungen zusammengefaßt und zunächst als VDE 0875/... 51, Entwurf 1, der Öffentlichkeit angekündigt<sup>1</sup>. Dabei wurde der neueste Stand der Technik berücksichtigt.

Der vorliegende erste Teil der neuen Bestimmungen lehnt sich an die Vorschrift VDE 0878 an und berücksichtigt nur die Entstörung von Niederfrequenzgeräten. Die Entstörung von Hochfrequenzgeräten soll in einem späteren zweiten Teil behandelt werden.

**Geltungsbereich.** — Der Geltungsbereich wurde vorläufig auf Gebiete begrenzt, in denen ausreichende Erfahrungen vorliegen und der Aufwand für die Entstörung sich in vertretbaren Grenzen hält, das sind die Frequenzen 0,1... 10 MHz und Leistungen bis 10 kW. Für die darüber

hinausgehenden Bereiche, insbesondere für den Ultrakurzwellenbereich, ist vorgesehen, daß sich die VDE-Kommission „Funk-Entstörung“ so lange der auftretenden Fälle im einzelnen annimmt, bis in Zusammenarbeit mit Herstellern und Verbrauchern ausreichende Erfahrungen für weitere Festlegungen gesammelt sind.

**Begriffe.** — Die Begriffe wurden ohne Änderung übernommen.

**Meßverfahren.** — Die Meßverfahren wurden beibehalten. Für die Messung von Funkstörspannungen auf Leitungen im Bereich 0,15... 20 MHz sind die Meßgeräte in VDE 0876<sup>5</sup> und das Verfahren in VDE 0877<sup>6</sup> festgelegt. Beide Bestimmungen lehnen sich an die international gültigen der CISPR an.

Die Strahlung eines Störers im Frequenzbereich über 20 MHz wird vorläufig weiterhin durch Feststellen der Funkstörweiten gemessen, obgleich dies Verfahren den Nachteil hat, daß die Funkstörweite kein absolutes Maß darstellt und stark vom jeweils verwendeten Empfänger abhängt. Später sollen, wenn möglich, Feldstärken gemessen werden.

**Funk-Entstörgrade.** — Die Funk-Entstörgrade als Ausdruck für die auf Leitungen zugelassenen Funkstörspannungen wurden neu festgelegt und sinnfölig mit Grob-, Normal-, Fein- und Höchst-Entstörung bezeichnet. Die zugehörigen Höchstwerte für die im Lang- und Mittelwellenbereich zugelassene Störspannung sind 5, 1, 0,2 und 0,04 mV.

Im allgemeinen soll die Normal-Entstörung (Funk-Entstörgrad N) mit einem zugelassenen Störspannungswert von 1 mV im Lang- und Mittelwellenbereich eingehalten werden. Diese Störspannungsgrenze stellt einen technisch-wirtschaftlichen Kompromiß dar. Legt man sie höher, kann man kaum noch von einer wirksamen Entstörung sprechen, legt man sie tiefer, wächst der Aufwand für die Entstörung stark an. Im Kurzwellenbereich fällt die zulässige Störspannung ab, da sich die Störung hier bereits durch Strahlung ausbreitet. Ein Vergleich mit den entsprechenden ausländischen Bestimmungen zeigt, daß sich die in den verschiedenen Ländern zugelassenen Störspannungen im Mittel- und Langbereich um den Wert von 1 mV gruppieren, und allein schon die Rücksicht auf den Export läßt es angebracht erscheinen, nicht von diesem Wert abzuweichen. Es sei darauf hingewiesen, daß bei Störspannungen von 1 mV mit Innenantennen nur der ungestörte Empfang des Orts-senders möglich ist, und für ferne Sender im allgemeinen

<sup>1</sup> VDE 0875/... 51 „Regeln für die Funk-Entstörung von Maschinen, Geräten und Anlagen“, angekündigt in ETZ 71 (1950) S. 601; als Entwurf 1 zum Selbstkostenpreis von DM 6,— von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz, zu beziehen.

<sup>2</sup> VDE 0874/1936 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen“.

<sup>3</sup> VDE 0875/VI. 41 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W“.

<sup>4</sup> VDE 0878/VIII. 43 „Vorschriften für die Funkentstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht“. Siehe dazu auch die einföührenden Aufsätze in ETZ 65 (1944) H. 1/2 mit den Aufsätzen E. Hennig: Vorschriften für die Funkentstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht. W. Mennerich: Bauelemente für die Funkentstörung. K. Volk u. R. Zechmann: Die Funkentstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht. W. Patschke: Hochfrequenzdrosseln für die Funkentstörung.

<sup>5</sup> VDE 0876 „Vorschriften für Störspannungsmeßgeräte“.

<sup>6</sup> VDE 0877 „Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen“.

Hochantennen mit geschirmter Niederführung verwendet werden müssen.

Die Grob-Entstörung (Funk-Entstörgrad G) wird nur für Maschinen und Geräte zugelassen, die auf geschlossenem Gelände, z. B. in Fabriken, in größerer Entfernung von Empfangsanlagen betrieben werden.

Die Fein-Entstörung (Funk-Entstörgrad F) ist für Fälle vorgesehen, in denen die Normal-Entstörung nicht ausreicht; die Höchst-Entstörung (Funk-Entstörgrad H) stellt darüber hinaus die Grenze der technisch überhaupt erreichbaren Störfreiung dar. Beide Entstörungen gehen in ihren Anforderungen sehr weit und sollen zwischen Kunden und Lieferanten von Geräten und Maschinen nur dann vereinbart werden, wenn Funkstörer und Funkempfangsanlagen unmittelbar nebeneinander liegen. Für den Fall, daß bereits die Normal-Entstörung sehr großen Aufwand verursachen würde, sind Sonderregelungen vorgesehen.

Die Funkstörweite als Maß in Meter für die Strahlung eines Störers im Frequenzbereich über 20 MHz wurde mit ihren bisherigen Werten 0, 5 und 30 beibehalten.

Entstörmaßnahmen. — Die verschiedenen Arten der Beschaltung und Schirmung von Störern und von an sie angeschlossenen Leitungen wurden mit geringen Änderungen übernommen. Sie streben an, daß in der Nähe von Funkempfangsanlagen die Störfelder im Raume und die Störspannungen auf Leitungen ausreichend klein gehalten werden. Beschalten und schirmen kann man am wirtschaftlichsten bei der Herstellung von Maschinen, Geräten und Anlagen. Im Laufe der letzten Jahre sind viele Firmen, insbesondere solche der Hausgeräteindustrie, dazu übergegangen, ihre Erzeugnisse zu entstören. Dadurch dürfte die allgemeine Einführung der Funk-Entstörung jetzt möglich sein. Durch die Entstörung der Geräte und Maschinen beim Hersteller soll die Zahl der neu hinzukommenden Störer verringert werden,

so daß die nachträgliche Entstörung, die durch Störsuche und Entstörarbeiten am Einzelstück viel kostet, im Laufe der Zeit bedeutungslos wird.

Die Hinweise auf Maßnahmen bei Empfangsanlagen wurden so geändert, daß sie bei Empfängern aller Art durchgeführt werden können.

Funk-Entstörmittel. — Die Bestimmungen über Funk-Entstörmittel konnten aus VDE 0878 fast ungeändert übernommen werden. In den letzten Jahren sind Kondensatoren, Drosseln, Widerstände und Entstörgeräte für die verschiedenen Anwendungsbereiche entstanden, die allen in Betracht kommenden VDE-Vorschriften entsprechen. So erscheint es nicht notwendig, weitere, ins einzelne gehende Bestimmungen auszuarbeiten. Die Vorschriften über Anwendung von Rohstoffen konnten entfallen. Die bisher fehlende Kurve des Scheinwiderstandes von Funk-Entstörwiderständen wurde hinzugefügt. In VDE 0878 war für schwierige Entstörfälle eine Überschreitung der normal geltenden Grenzen für den Kapazitätswert von Berührungsschutz-Kondensatoren vorgesehen. Diese Überschreitung ist nur noch für einige Sonderfälle zugelassen und zusätzlich von einer Sondergenehmigung abhängig gemacht worden.

In der elektrotechnischen Industrie wird eine außerordentlich große Typenzahl verschiedener Erzeugnisse hergestellt. Infolgedessen ist es schwierig, für die Vielzahl von Niederfrequenzgeräten allgemein anwendbare Maßnahmen hochfrequenztechnischer Art festzulegen. Bei der Ausarbeitung des ersten Teils von VDE 0875 ... 51 wurde unter Hinzuziehung aller beteiligten Kreise und an Hand der Erfahrungen der letzten Jahre versucht, die bisherigen Bestimmungen so zusammenzufassen, daß sie bei kleinstem wirtschaftlichem Aufwand eine technisch ausreichende Funk-Entstörung ergeben.

## Die Elektrifizierung von Venezuela

Von O. A. Gangl, San Cristobal

DK 621.311.1 (87)

Die Vereinigten Staaten von Venezuela erstrecken sich an der Nordküste des südamerikanischen Kontinentes über ein Gebiet, das flächenmäßig nahezu Deutschland und Frankreich zusammen gleichkommt, und weisen zur Zeit eine Einwohnerzahl von kaum 5 000 000 auf. Dieses Gebiet ist auf weite Strecken hin in seinem Innern noch völlig unerforscht und zum Großteil nach Osten und Süden zu von undurchdringlichen Urwäldern bedeckt. Nur die Küstengegenden, Flußläufe und Hochgebirgsgebiete der venezuelanischen Hochanden im äußersten Westen sind verhältnismäßig dicht besiedelt. Eine besondere Rolle spielen die über das ganze Land verstreuten weiten Zonen der Erdölvorkommen oder Raffinerien in Seenähe, in denen sich bedeutende Siedlungen mit ihren entsprechenden Industrien entwickelt haben.

Sehen wir von dieser Industrie ab, die eine Tagesproduktion von durchschnittlich mehr als 1 300 000 Faß erreicht hat und dem Staat einen täglichen Zuschuß von 300 000 US \$ einbringt, erscheint die übrige Industrie von Venezuela ziemlich unentwickelt und beschränkt sich auf einige Zementfabriken, Bierbrauereien, kleinere Textilfabriken, Möbelwerkstätten, Lebensmittelindustrien und zahlreiche, technisch recht veraltete Rohrzucker- und Kaffeebetriebe im Innern des Landes. Die infolge des ungeheuren Rohstoffreichtums Venezuelas auf dem Weltmarkt so hoch bewertete Währung erleichtert allenthalben die Einfuhr bester Produkte aus allen Ländern der Erde und verhindert bis zu einem gewissen Grade die Entwicklung eigener nationaler Industrien durch diese starke und bequeme Einfuhrmöglichkeit.

Von einer Planwirtschaft in der Elektroenergieversorgung der nationalen Industrien mit Ausnahme der technisch hoch entwickelten internationalen Ölindustrie kann man bisher kaum sprechen. Eine Unmenge kleiner, meist völlig unzureichender Kraftzentralen in privaten und kommunalen

Händen versorgt die Städte und dichter besiedelten Zentren meist mit Dieselgruppen oder in den wasserreichen Andenstaaten mit Turbinenaggregaten. Letztere sind oft, weil verlässliche hydrologische Studien der entsprechenden Flußläufe fehlen, maschinenmäßig zu groß gebaut und erzeugen in den wasserarmen Zeiten eine weit kleinere Energie als die Konstruktion der Maschinen gestatten würde.

Die entsprechenden Regierungsstellen Venezuelas, wie das Ministerio de Fomento und die von jenem abhängige Corporacion Venezolana de Fomento, beschäftigen sich seit Jahren mit der Ausarbeitung eines einheitlichen Elektrifizierungsprojektes des gesamten nationalen Gebietes und überwachen mit einem Stab von Spezialingenieuren die Elektrifizierungsprogramme der einzelnen Städte, damit diese sich in das bereits festgelegte Gesamtprojekt in bezug auf ihre technischen Daten, wie Spannungen, Frequenz, Niederspannungsverteilung usw. einfügen. Das ganze Land wurde zu diesem Zweck in sieben Zonen eingeteilt, wie Bild 1 zeigt, und an Hand von örtlichen Studien wurden die augenblicklichen Produktionszahlen sowie der mutmaßliche künftige Energiebedarf festgelegt. Nordamerikanische Fachleute arbeiteten bei dieser mühsamen und beschwerlichen Aufgabe mit und ihre Berechnungen wurden nachträglich auf die bisherigen Erfahrungen im Lande abgestimmt, so daß man jetzt über ein ziemlich klares Bild der kommenden Energiewirtschaft des gesamten Landes verfügt.

Im Jahre 1948 wurde mit der Verwirklichung des Programmes mit einer finanziellen Unterstützung der Corporacion Venezolana de Fomento im Gebiet „Central“ mit der Errichtung einer 15 000 kW-Dampfzentrale am See Valencia in der Nähe von Maracay und einer 110 km langen 115 kV-Leitung in Ost-West-Richtung von Valencia bis La Vistoria begonnen. Diese Anlage befindet sich seit Ende 1949 in Betrieb und hat mit der Versorgung dieses dichtbesiedelten

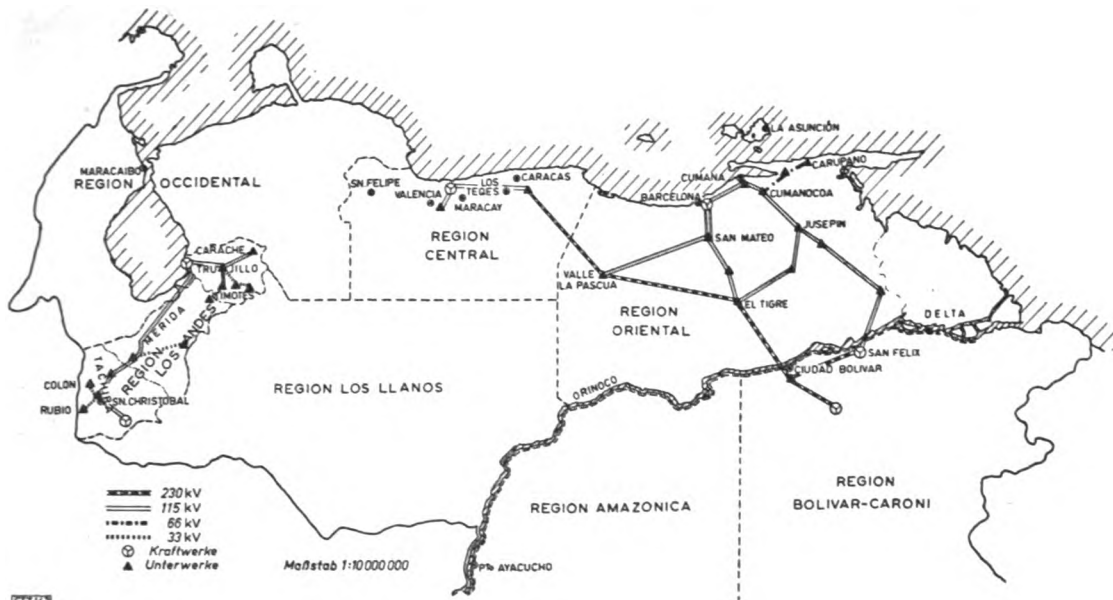


Bild 1. Die Energieversorgung Venezuelas (Teilkarte des Landes).

und landwirtschaftlich und industriell verhältnismäßig reichen Gebietes begonnen. Abgesehen von der Hauptstadt Caracas und ihrer unmittelbaren Umgebung bis zum Hafen La Guaira, deren Versorgung wegen der Bedeutung dieser stark anwachsenden Zone von einem großen Unternehmen ziemlich unabhängig von dem Plan der übrigen Staaten betrieben wird, bildet diese Anlage den ersten Schritt und das Rückgrat für die kommende spätere nationale Gesamtversorgung des Landes.

Entsprechend der Wichtigkeit der einzelnen sieben Zonen geht man allmählich an die Elektrifizierung der übrigen Gebiete, von denen die Zone „Bolivar-Caroni“ mit ihrem bedeutenden Wasserkraftzentralen-Projekt am Fluß Caroni mit seinem ersten Ausbau von 300 000 kW und die Zone „Los Andes“ besonders erwähnenswert erscheinen. Das erst-erwähnte Programm findet seine Berechtigung in dem ungeheueren Reichtum an Eisenerzen, Aluminiumvorkommen, sowie den Öl- und Gasquellen jener Gegend, die eine bedeutende Industrialisierung dieses Gebietes voraussehen lassen. Die großen und erstklassigen Eisenerzvorkommen werden bereits von den beiden größten nordamerikanischen Firmen auf diesem Gebiet, United Steel und Bethlehem Steel, ausgebeutet, und nur der Mangel an Energie veranlaßt zur Zeit den Export der Erze nach den Staaten, anstatt dieselben an Ort und Stelle zu verhütten.

Demgegenüber weisen die Hochanden mit ihren drei Staaten, Táchira, Mérida und Trujillo eine verhältnismäßig hohe Bevölkerungsdichte von etwa 800 000 Einwohnern auf 30 000 km<sup>2</sup> auf. Diese Gebirgsgegenden sind mit ihrem gemäßigten Klima, das einem ewigen mitteleuropäischen Juni gleichkommt, ihren fruchtbaren Tälern und ihren sauberen Städten ein geradezu ideales Gebiet mit einer reichen Landwirtschaft, die in großen Mengen einen überall geschätzten Kaffee, Bananen, Hülsenfrüchte, Weizen, Gemüse und sonstige tropische Früchte erzeugt sowie eine bedeutende Vieh-

zucht betreibt. Das Fehlen bequemer Transportverbindungen an Stelle der gegenwärtigen Andenstraßen, die auf ihrem Weg nach Caracas drei hohe Pässe von 2500 ... 4118 m zu überqueren haben, und billiger, reichlicher und verlässlicher Elektroenergie haben die Entwicklung dieser Länder-eien mit ihrer fleißigen, durchweg weißen Bevölkerung in den letzten Jahren im Vergleich zum übrigen Lande arg gehemmt. Alle drei Staaten verfügen heute nur über rd. 13 300 kW installierte Maschinenleistung, wovon infolge Wassermangels oft nur ein Bruchteil erzeugt werden kann.

Aus diesem Grunde beschäftigt man sich zur Zeit als nächstem Schritt in der Gesamtelektrifizierung von Venezuela mit einem großzügigen Programm für diese drei Staaten, das Hand in Hand geht mit dem Neubau einer neuen Autobahn im ebenen Gebiet entlang des Nordrandes der Andenkette von San-Cristobal nach der Hauptstadt Caracas. Eine Wasserkraftzentrale am Zusammenfluß von drei wasserreichen Flüssen am Uribante an seiner Durchbruchstelle aus den Anden in die südliche Tiefebene „Los Llanos“ mit einem Gesamtausbau von etwa 16 000 PS und einer thermischen Zentrale am südöstlichen Ufer des Maracaibosees von rd. 30 000 PS sollen die Stromversorgung dieser Staaten übernehmen. Die Verbindung beider Kraftwerke wird über eine 300 km lange 115 kV-Leitung entlang der neuen Autobahn geführt werden, von deren Transformatorstationen aus die entsprechenden 33 kV-Leitungen in die Andentäler zur Versorgung der dortigen Städte führen werden. Dieses Gesamtprojekt ist auf 30 000 000 US\$ veranschlagt worden und soll in den nächsten drei bis vier Jahren verwirklicht werden.

Die Elektrifizierung der übrigen Gebiete geht schrittweise weiter, und allmählich dürfte Venezuela auf diese Weise zu einer modernen Energieversorgung gelangen, wie sie seinem unaufhörlichen industriellen Aufschwung ge-bührt.

## Das Messen mit Dehnungsmeßstreifen

Von Kuno Spaderna, Göttingen

DK 621.317.39 : 539.382

Verbreitung. — Der Dehnungsmeßstreifen ist ein elektrisches Widerstandsdrahteil „auf einem Träger“ [1], das auf dem untersuchten Bauteil befestigt wird, sich mit ihm dehnt und dabei seinen Widerstand ändert. Der Streifen ist praktisch ein Kind der amerikanischen Rüstung, die Kriegsflugzeuge verdanken ihre Überlegenheit zum großen Teil ihrer Untersuchung durch Dehnungsmeßstreifen während des Fluges. Hauptsächlich werden heute die „SR4 gages“ von den Baldwin Locomotive Works hergestellt, wo-

von eine Viertelmillion Stück jährlich verbraucht werden [4]. In geringerem Maße hat sich der Dehnungsmeßstreifen auch in Europa eingebürgert. Die Eisenbahnen von Frankreich, Deutschland (einschl. Ostzone), England, Schweiz, Niederlande benutzen ihn ebenso wie viele Eisenhütten. In Teddington, England, und bei Fiat in Turin wird eine gespulte Gattung der Meßstreifen erzeugt. Philips in Eindhoven, Niederlande, liefert Streifen mit zickzackförmig auf Papier geklebtem Konstantendraht, Huggenberger, Zürich, be-

nutzt eine Lackträgerschicht. Kohlenfaden-Meßstreifen sind trotz ihrer höheren Empfindlichkeit allgemein verlassen worden, da ihre Werte nicht reproduzierbar sind.

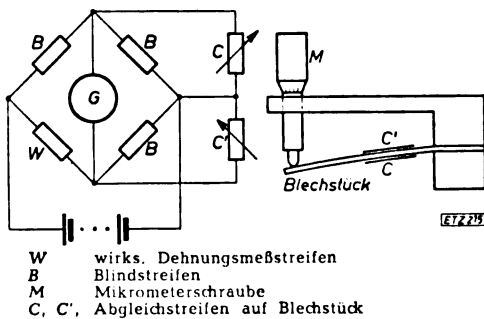
**Vorzüge und Nachteile gegenüber anderen Dehnungsmessern.** — Es gibt Fälle, in denen der Dehnungsmeßstreifen unersetzlich ist. Wenn z. B. ein Bauteil nach seinem Einbau nicht mehr zugänglich ist, kann der Meßstreifen vorher aufgeklebt werden. Ohne Schwierigkeiten werden die Meßleitungen mit diesen versteckten Bauteilen zusammen eingebaut. An dünnen Blechen, wo Zehntelmillimeter-Abstände von der neutralen Faser eine Rolle spielen, mißt nur der dünne und wenig steife Meßstreifen noch genau, ebenso bei hohen Schwingungszahlen infolge seiner außerordentlich geringen Masse. Von allen bekannten Dehnungsmessern ist der Meßstreifen derjenige, der den Bauteilen am wenigsten Schaden zufügen kann, denn er braucht weder festgeklammert zu werden, wie der Ritz- oder der (nur statische) Maihak-Dehnungsmesser, noch muß man kleine Kegelspitzen auf dem Bauteil anlöten wie beim Lehrschen Dehnungsmesser.

Ein Nachteil der Meßstreifen besteht darin, daß sie nur einmal aufgeklebt werden können, wodurch ihr Preis von durchschnittlich einem Dollar — die extrem kleinen Ausführungen sind entsprechend ihrer schwierigen Herstellung teurer — hoch erscheint. In Sondermeßgeräten wird ein Dehnungsmeßstreifen dagegen dauernd benutzt, z. B. beim Dynamometer (geführter Druckstab oder abgewandelte Art des Wazaubügels), in Druckmessern mit Flüssigkeitsmembran (der Streifen an der trockenen Membranseite wird durch ein Wasserentziehungsmittel, z. B. Silicagel, trocken erhalten), in mit weiter Membran ausgestatteten Bodendruckdosen und schließlich an Drehkraftmessern mit Schleifringzuführungen. In solche Geräte werden besonders hochohmige und robuste Meßstreifen eingeklebt, die viele Millionen Beanspruchungsfälle aushalten.

Ein schwerwiegender Nachteil für die Einführung der Meßstreifen ist es ferner, daß man für jede veränderlich belastete Meßstelle einen teureren Verstärker braucht. Die Notwendigkeit der Verstärkung ist leicht einzusehen. Die Widerstandsänderungen im Draht des Streifens sind nur 1,7... 3,6mal so groß wie die Dehnung des Bauteils [3, 4]. Diese liegt aber bei Stahl meistens unter 1 Tausendstel, bei Beton unter einem Zehntel dieses Wertes.

Beschränkt man sich jedoch auf die Messung ruhender Beanspruchung (statische Messung), dann kommt man aus, wenn man in die Diagonale der wohlbekannten Brückenschaltung ein Lichtmarkengalvanometer von  $10^{-7}$  A Empfindlichkeit legt. Alle Schwierigkeiten mit Präzisionswiderständen kann man dabei nach Bild 1 umgehen, indem man [2] als feine Abgleichwiderstände zwei Meßstreifen nimmt, die auf ein einseitig eingespanntes Blech geklebt sind. Das Blech wird soweit mittels einer geeichten Mikrometerschraube gebogen, bis in der Brücke Gleichgewicht herrscht.

**Meßgeräte.** — Die umfassendste Meßeinrichtung ist eine solche mit Trägerfrequenz von mehreren tausend Hertz. Man kann damit zeitlich veränderliche und gleichzeitig ruhende Beanspruchungen erfassen entweder als Leuchtschirmbild eines Kathodenstrahloszillographen oder als Lichtaufnahme einer Meßschleife. Gegenüber Gleichstrommessungen ist hier noch im Auge zu behalten, daß verschieden lan-



W wirks. Dehnungsmeßstreifen  
B Blindstreifen  
M Mikrometerschraube  
C, C', Abgleichstreifen auf Blechstück  
Bild 1. Brücke für statische Messung.

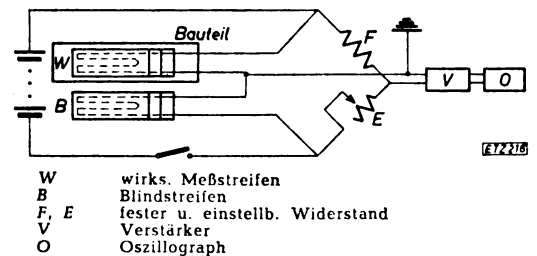


Bild 2. Anordnung für dynamisches Messen.

ge Kabel bei der Trägerfrequenz verschiedene Kapazität aufweisen.

Es läßt sich jedoch schon mit Geräten arbeiten, über die die meisten Techniker verfügen. Mit einer Gleichspannungsquelle, einem gegebenenfalls durch ein Anpassungsglied angepaßten, ausreichenden Meßverstärker und einer Oszillographenschleife oder einem Kathodenstrahloszillographen der kleinen Type kann man dynamisch messen. Unabgeschirmte Meßleitungskabel genügen, wenn man die Nähe von Brumm erzeugenden Wechselstromleitungen meidet. Es wird auch ein Temperaturengleich geschaffen, ohne den man über längere Zeiträume, insbesondere im Freien, nicht auskommt.

Bild 2 zeigt die Meßanordnung. Der wirksame Streifen W und der Blindstreifen B, der die Temperatureinflüsse ausschaltet, liegen in den Zweigen einer Brücke, die von einer Gleichspannungsquelle gespeist wird. Ihre anderen Zweige werden von einem festen und einem einstellbaren Widerstand F bzw. E gebildet. Schwankungen der Diagonalspannung werden durch einen Verstärker V verstärkt und einem Oszillographen O zugeführt.

Zur Eichung wird ein gewöhnlich überbrückter Widerstand von z. B. 2% des Meßstreifenwiderstandes in Reihe mit diesem kurzzeitig eingeschaltet. Widerstandszuwachs bedeutet Dehnung, also Zugbeanspruchung. Wir können auch den wirksamen Streifen W mit dem Widerstandswert  $R_1$  kurzzeitig durch einen hohen Widerstand  $R_2$  überbrücken. Der Widerstand  $R_2$  wird so bemessen, daß man eine Minderung der Gesamtwiderstandes im Brückenweig um  $x^{0/100}$  erhält:  $R_2 = (1000 - x) \cdot R_1 / 2$ . Der Eichausschlag des Oszillographen, sei es nach oben oder unten, bedeutet nun negative Dehnung. Aus ihm wird berechnet, wieviel % Dehnung oder wieviel Beanspruchung in  $kg/cm^2$  einem Ausschlag von 1 mm entsprechen.

**Beispiel.** — Ist der Elastizitätsmodul  $E = 2,1 \cdot 10^6$   $kg/cm^2$ , der Eichausschlag 40 mm, die Widerstandsänderung während der Eichung 2% vom Streifenwiderstand und der Geberfaktor (Verhältnis von Widerstandsänderung zu Dehnung) gleich 2,1, so folgt:

$$\text{Eichbeanspruchung } \sigma = \frac{2}{10^3 \cdot 2,1} \cdot 2,1 \cdot 10^6 = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

1 mm Ausschlag entspricht daher 50  $kg/cm^2$ .

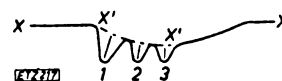


Bild 3. Oszillographische Aufnahme; Ausschwingen der Nulllinie.

Die Auswertung bedarf bei dem Verfahren einiger Kniffe, weil die Nulllinie jedes Oszillographen infolge plötzlicher Spannungsänderung etwas ausschwingt. Bild 3 zeigt eine Schleifenaufnahme mit Druckspitzen 1, 2 und 3. Die Nulllinie X — X' muß stellenweise durch eine ideelle Nulllinie X' — X' ersetzt werden, von der aus die Höhen der Druckspitzen zu messen sind.

**Einige Regeln zum Anbringen der Meßstreifen.** — Sobald der Meßstreifen mit Klebstoff bestrichen und auf den ebenso bestrichenen Bauteil gedrückt wurde, beginnt er zu trocknen. Dabei soll er über ein Polster einen Druck von 0,5... 0,75 kg erfahren. Am Ende des Trocknens müssen die etwa 25  $\mu$  starken Drähte so fest in ihrem Klebstoffbett sitzen, daß sie bei Druck gestaucht werden. Nur hier in der gesamten Technik wird ein Faden gestoßen. Trotzdem genügen bei Sonnenschein im Freien 6 h Trocknungszeit für dynamische Messung, 24 h für statische Messung. Stets, besonders aber nachts, empfiehlt sich eine Stromheizung, die



jedoch ebenso wie der Meßstrom nie über 20 mA hinaufgetrieben werden soll. Bei feuchtem Wetter hilft das Beilegen eines Wasserentziehungsmittels und Überdecken mit Zellophan, auch Überstreichen mit Paraffin.

Das Messen kann beginnen, wenn der Isolationsprüfer mehr als 10 M $\Omega$  zwischen Streifen und Bauteil anzeigt. Sind die Meßstreifen durch Nässe taub geworden, dann äußert sich das so, daß ohne Belastung auf dem Oszillographen ab und zu Ausschläge erscheinen. Beim Anlöten der Meßleitung ist sorgfältig darauf zu achten, daß sie keinen Zug ausübt, da sonst leicht die inneren Zuleitungen an der Schweißstelle abgerissen werden.

**Grenzen der Messung.** — Die Untersuchungen von Wm. R. Campbell [4] haben über die auftretenden Fehler statistisches Material gebracht. Bei den üblichen statischen und dynamischen Messungen werden Dehnungen bis zu 0,002 mit Fehlern kleiner als  $\pm 2\%$  gemessen. Für Elemente besonders geringer Länge nimmt die Genauigkeit ab. Bei der ersten Belastung pflegt sich der Nullpunkt um einen winzigen Betrag zu verschieben; man sollte der Messung deshalb eine Probebelastung vorausschicken. Das Gleiche gilt übrigens von hohen Temperaturen [5]. Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Dehnung wird mit der Häufigkeit der Belastung genauer linear. In manchen Fällen sank die größte Abweichung von 2% bei der ersten Belastung auf 0,5% bei der vierten.

Diese Linearität ist bis zu einer Dehnung von 0,03 gegeben, doch brechen die Schweißstellen der Zuführungen meist zwischen 1 und 3 % Dehnung. Der Widerstandsdraht selbst erträgt Dehnungen von 0,08 seiner Länge. Daraus läßt sich mit einiger Vorsicht schließen, daß es später einmal gelingen könnte, Meßstreifen für Schlaguntersuchungen zu schaffen, die diesen Meßbereich haben.

Der Temperatenausgleich durch einen Blindstreifen, der die Temperaturschwankungen des untersuchten Bauteils macht, ohne mechanisch belastet zu sein, ist sehr wirksam. Die scheinbare Dehnung beträgt, falls der Geberfaktor 2 ist, höchstens  $5 \cdot 10^{-6}$  je  $^{\circ}\text{C}$ . Die Temperaturgrenze, wichtig zum

Messen von Heißdampfdruck oder von Dehnungen in heißen Maschinen, liegt bei amerikanischen Streifen gegenwärtig um  $150^{\circ}\text{C}$ . Man hofft jedoch, auf keramischer Grundlage viel höher zu kommen [5].

Die Breite der Drahtwendel bewirkt eine unerwünschte Aufnahme von Dehnungen des Bauteils quer zur beabsichtigten Meßrichtung. Diese Empfindlichkeit auf „Querdehnungen“ stört sehr, wenn die tatsächliche Querdehnung oder -kürzung des Bauteils größer ist als die zu messende Dehnung. Bild 4 zeigt eine Zickzackdrahtwendel, bei der die quer zur Längsachse verlaufenden Teile stark ausgezogen sind. Die Vergleichslänge eines Halbkreisbogens ist gleich einem Durchmesser  $d$ . Die gesamte wirksame Länge in Querrichtung ist also gleich der Gesamtbreite der Wendel.

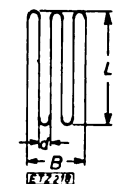


Bild 4. Zickzackdrahtwendel.

Man kann die Querdehnung, die in die Messung eingeht, schätzen aus dem bekannten Verhältnis  $V$  der wirklichen Querdehnung zur wirklichen Längsdehnung und dem Verhältnis  $W$  der Wendelbreite  $B$  zur Wendellänge  $L$ . Der Fälschungsanteil ist  $F = V W$ . Ist z. B.  $V = 300\%$ ,  $W = 15\%$ , dann muß das Meßergebnis um den Anteil  $F = 45\%$  korrigiert werden, und zwar negativ, wenn Längs- und Querdehnung im gleichen Sinn erfolgen. Bei Wendeln, die um einen flachen Kern gespult wurden, ist diese Fälschung kleiner und umgekehrt, was sich daraus ergibt, daß die Drahtwindungen an den Wickelknicken sich etwas strecken müssen, wenn ihre Papierzwischenlage in der Querrichtung angestaucht wird.

#### Schrifttum

- [1] Amerikanische Patentschrift 2292549 / Simmons / 1940.
- [2] A. R. Anderson: Entwicklung und Anwendung der elektrischen Dehnungsmesser zu Messungen von statischen und dynamischen Spannungen. Schweiz. Archiv ang. Wiss. u. Tech. 13 (1947) S. 321.
- [3] K. Fink: Der Dehnungsmeßstreifen. Ein neuer Meßfühler für statische und dynamische Beanspruchungen von festen Körpern. Z. VDI 92 (1950) S. 89.
- [4] W. R. Campbell: Dehnungsmessung durch Widerstandsdrahtelemente. Interavia, Genf, 4 (1949) S. 27.
- [5] The Baldwin Locomotive Works, Baldwin Southwark Division, Philadelphia. The SR4 Bonded Resistance Wire Strain Gage, Bulletin No. 179 (1945); darin reichlich amer. Literaturangaben.

## Gas- oder Elektrowärmeversorgung des Haushaltes

(besonders in Hinsicht auf das Wohnungsbauprogramm)

Von H. Solling, Nürnberg

DK 620.98 : 621.364.6 : 66.07

**Übersicht.** Es wird versucht, die verschiedenen Ansichten der Vertreter beider Energiearten zu zeigen, den Standpunkt festzulegen, durch den die Meinungen bedingt sind, und nüchtern zu beurteilen, welches die volkswirtschaftlich richtige Lösung ist.

Das Problem der Wärmeversorgung des Haushaltes durch Gas oder Elektrizität ist besonders in Hinsicht auf das Wohnungsbauprogramm volkswirtschaftlich so wichtig, daß man es nicht übersehen oder wegen der Unannehmlichkeit von Meinungsverschiedenheiten an ihm vorübergehen darf. Schon die Kä rung der Frage, was volkswirtschaftlich richtig ist, muß erörtert werden. Als volkswirtschaftliche Begründung wird oft der Kohlebedarf in den Vordergrund geschoben. Er ist zwar wichtig, aber diese Form der Betrachtung ist zu einseitig. Jede volkswirtschaftliche Betrachtung kann nur über den Maßstab Geld durchgeführt werden und muß auch die Kapitalkosten, den jährlichen Aufwand für die produzierten Produktionsmittel und die Arbeitskosten berücksichtigen. Die Wirtschaftlichkeit der Gas- und Elektrowärme im Haushalt ist dann gegeben, wenn der Verbraucher die kleinsten Preise zu zahlen hat.

Da hiermit unser Standpunkt festgelegt wurde, kann jetzt zu den einzelnen Ansichten der Gas- und Elektrizitätswirtschaft Stellung genommen werden. Zuerst wollen wir uns der Begründung der Gaswerke zuwenden, daß mit Rücksicht auf den Kohleverbrauch der Gaswärme der Vorzug zu geben ist.

### 1. Höherer Kohleverbrauch bei der Elektrowärmeversorgung

Die Gas-Versorgungs-Unternehmen (GVU) argumentieren:

Beim Elektrokochen ist der Kohleverbrauch infolge des

schlechten Wirkungsgrades der Elektrizitätserzeugung in Wärmekraftwerken doppelt so groß wie beim Gaskochen. Diese Ansicht ist grundsätzlich richtig, wenn die Elektrizität nur aus Steinkohle erzeugt wird. Berücksichtigt man aber auch die Wasserkraft, so ändert sich naturgemäß der Kohleverbrauch zugunsten des Elektrokochens. Weiter ist zu bedenken, daß der Wärmeverbrauch des Haushaltes für Kochzwecke nur 4...6% und für Warmwasserbereitung 8...10% der insgesamt im Haushalt benötigten Wärme beträgt. Für den Gesamtwärmeverbrauch, also einschließlich Heizen ist der Kohlemehrverbrauch des Haushaltes bei Elektrokochen im Durchschnitt rd. 12%. Dieser Mehrverbrauch beträgt 8%, wenn 10% der elektrischen Energie durch Wasserkraft erzeugt werden (Deutschland rd. 12%), um bei 30% Wasserkraftenergie auf 0% zu fallen. Bei 30% Wasserkraftanteil ist also für Gas- und Elektrokochen der Kohleverbrauch gleich groß und verschiebt sich mit zunehmendem Wasserkraftanteil (Bayern 70...80%) weiter zugunsten der Elektrizität. Dabei ist nicht berücksichtigt, daß die Elektrokochenergie besonders im Sommer benötigt wird, während im Winter Kochen und Heizen aus Wärmeersparnisgründen oft gekuppelt werden und daher oft mit Kohle gekocht wird. Wenn also der größte Bedarf an Elektrizität für das Elektrokochen auftritt, dann fällt auch die meiste Wasserkraftenergie an; Bedarf und Dargebot passen gut zusammen.

Auch vom Problem der Kohlesorten wird die Frage des Kochwärmebedarfes im Haushalt berührt. Durch Anfall größerer Mengen billiger Ballastkohlen, zu denen auch die

Braunkohle mit ihrem größeren Wasserballast gerechnet werden kann, ist es erforderlich, die Ballastkohlen am Ort der Gewinnung in elektrische Energie umzuformen, da der Transport der hochwertigen elektrischen Energie bedeutend wirtschaftlicher ist als der Transport der Ballastkohlen. Bei einem Anteil der Stromerzeugung durch Braunkohle in Westdeutschland von über 33% und einem Anteil der Steinkohle von nur 40% hat der Kohlemehrverbrauch nicht mehr die Bedeutung wie bei alleiniger Erzeugung aus hochwertiger Steinkohle.

Es war schon oben gesagt, daß nur rd. 14% der Haushaltswärme für das Kochen und das Warmwasserbereiten benötigt wird, während das Heizen über 85% verlangt. Will man also an Kohle sparen, dann muß man sein Augenmerk in erster Linie auf die Verbesserung des Heizwirkungsgrades richten, der bei vielen älteren, aber auch bei modernen und billigen Ofen schlecht ist. Hier kann mehr Kohle gespart werden, als wenn man das Gas- dem Elektrokothen vorzieht. Wir sehen also, daß der Kohleverbrauch für die Frage Gas- oder Elektrowärme nicht entscheidend ist.

## 2. Spitzenbelastung und Belastungsfaktor

In der Frage der Spitzenbelastung gehen die Ansichten der Gas- und Elektrizitätswirtschaft weit auseinander. Die GVV weisen darauf hin, daß die Kochspitze drei bis vier Mal so hoch wird wie die Lichtspitze, während die Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (EVU) behaupten, daß die Kochbelastung ihre Mittagsbelastung gut ergänzt und ihre Mittagstaler auffüllt. Beide Behauptungen sind richtig, je nachdem an welcher Stelle des Versorgungssystems (Kraftwerk, Übertragungsnetz, Verteilungsnetz) man die Belastung untersucht, welchen Prozentanteil die Elektrokocho-Haushalte an den Gesamthaushalten haben und welchen Anteil der Haushalt-Elektrizitätsverbrauch am Gesamtverbrauch hat (Industrie- oder Wohngebiete).

Je größer die Zahl der Kochverbraucher ist, umso kleiner wird der Spitzenanteil je Verbraucher und erreicht bei 500 ... 1000 Verbrauchern einen Grenzwert von rd. 0,4 ... 0,5 kW/Haushalt. Infolge der größeren Flächendichte (kW/km<sup>2</sup>) beim Elektrokothen werden aber die spezifischen Kosten des Verteilungsnetzes (DM/kW) um rd. 25% niedriger als bei Lichtbelastung. Für den Haushalt steigen also die Verteilungskosten nicht proportional mit der Spitzenbelastung.

Bei Versorgung des Haushaltes nur mit Elektrizität bleibt bis zu einem Anteil von rd. 20% an Kochverbrauchern die Lichtspitze für die Leistungskosten des Abnehmers entscheidend. Dabei wurde unter Berücksichtigung des Belastungsausgleiches durch eine große Anzahl gleichartiger Abnehmer eine Lichtspitze von 0,1 kW/Haushalt und eine Kochspitze von 0,5 kW/Haushalt angenommen. Erst bei einem größeren Anteil als 20% Elektrokothen wird die Kochspitze größer als die Lichtspitze. Der Belastungsfaktor steigt also von einem Minimalwert  $m = 0,1$  auf einen Maximalwert  $m = 0,22$  (20% Elektroherde), um bei 100% Anteil an Elektroherden auf  $m = 0,16$  zu fallen. Die Ausnutzung des Leitungsnetzes ist selbst bei ungünstigen Verhältnissen (Elektrokothen aller Abnehmer) immer noch besser als bei reiner Lichtbelastung. Das ist auch erklärlich, denn die Lichtspitze tritt nur im Winter auf, während die Kochspitze praktisch das ganze Jahr gleich groß ist. Dabei wurde nicht berücksichtigt, daß bei niedrigen Arbeitspreisen auch die Ausnutzung der anderen Verbrauchsgeräte steigt (siehe z. B. Schweiz und Bamberg).

Bei den Überlegungen war bisher nicht berücksichtigt, daß noch andere Licht- und Kraftverbraucher im Verteilungsnetz vorhanden sind. Diese werden infolge anderer Verbrauchszeiten immer dazu beitragen, die Benutzungsdauer zu erhöhen und den Einfluß der Kochspitze herabzusetzen. Bei überwiegendem Anteil des Kraftverbrauches mit großer Industrielast wird sich die Kochspitze nach den Erfahrungen des RWE kaum in den Belastungskurven des Kraftwerkes bemerkbar machen.

Die Frage der Spitzenbelastung durch Elektrowärme kann man so zusammenfassen: Bei rd. 15 ... 25%, teilweise noch größerem Anteil der Elektrokochoverbraucher ergibt

sich das Maximum der Ausnutzung im Netz. Das Maximum der Ausnutzung im Kraftwerk liegt bei noch höherem Anteil an Elektroherden. Der Einfluß der Elektroherde ist umso geringer, je größer der Anteil des Kraftstromes und des Lichtstromes für Büros, Straßenbeleuchtung usw. ist. Selbst bei Anschluß von Elektroherden in allen Haushaltungen, was erst nach Jahrzehnten zu erreichen wäre, wird die Ausnutzung der Kraftwerke und Netze immer noch bedeutend besser sein als ohne Elektrokothen. Die Ansicht der EVU ist also richtig, während die GVV die Gefahr der Kochspitze bedeutend überschätzen.

## 4. Freier Wettbewerb von Gas und Elektrizität

Der freie Wettbewerb wird von der Elektrizitäts- wie von der Gaswirtschaft gefordert. Nur für Stadtteile und Straßenzüge, wo neue Versorgungsleitungen verlegt werden müssen, erhebt die Elektrizität aus volkswirtschaftlichen Überlegungen (geringer Kapitalbedarf, kleinere Ausgaben des Verbrauchers) den Anspruch auf alleinige Versorgung.

Grundsätzlich ist der Standpunkt des freien Wettbewerbes in der Marktwirtschaft richtig. Es muß jedoch bezweifelt werden, daß diese Ansicht auch in der Energiewirtschaft bei der Gas- und Elektrizitäts-Versorgung angewandt werden kann. Die Energieversorgung erfordert sehr teure Erzeugungs- und Verteilungsanlagen und hat daher einen sehr kleinen Kapitalumschlag. Durch diesen kleinen Kapitalumschlag ist es auch bedingt, daß nur ein Unternehmen innerhalb eines Gebietes die Elektrizitätsversorgung übernimmt und übernehmen kann. Würden sich zwei Unternehmen innerhalb eines Gebietes an der Elektrizitätsversorgung im Wettbewerb beteiligen, so würden die Erzeugungs- und Verteilungskosten und die Strompreise zu hoch werden. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Kochwärmeverorgung des Haushaltes. Muß nicht auch hier wie bei der Elektrizitätsversorgung auf den freien Wettbewerb wegen der hohen Kosten der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen und wegen des kleinen Kapitalumschlages verzichtet werden? Ist es nicht falsch, zwei Versorgungsnetze zu verlegen, wenn ein einziges genügt und bedeutend billiger ist und die Kosten des Verbrauchers für die benötigte Energie dadurch kleiner werden?

Viele Berechnungen haben ergeben, daß der Kapitalbedarf bei reiner Elektrizitätsversorgung niedriger ist als bei gleichzeitiger Versorgung mit Gas und Elektrizität. Das ist erklärlich, denn bei der reinen Elektrizitätsversorgung brauchen Kraftwerke und Verteilungsnetze nur verstärkt zu werden, während bei der Versorgung mit beiden Energiearten zwei Verteilungsnetze und zwei Erzeugungsanlagen vollständig anderer Struktur erstellt werden müssen. Eine von mir durchgeführte Berechnung, die die Ausrüstung aller Haushalte mit Elektroherden und die Tatsache einer großen Mittags-Kochspitze voll berücksichtigen<sup>1</sup>, ergab, daß bei Versorgung mit Gas und Elektrizität mindestens 25% mehr Anlagekapital benötigt wird. Für jeden Haushalt ergibt sich dann ein Mehrbedarf von rd. 200.— DM.

Der erhöhte Kapitalbedarf muß sich auch in den Verbraucherkosten auswirken. Durch die doppelte Messung und Verrechnung bei Lieferung von zwei Energiearten müssen sich die Verbraucherkosten sogar erhöhen. Verbilligend kann sich nur der geringere Kohleverbrauch auswirken. — Die oben erwähnte Berechnung ergab bei reiner Elektrizitätsversorgung Minderkosten von rd. 20% für die Energieversorgung des Haushaltes. Die Zahlen waren für den Fall errechnet, daß die Kochwärmeverorgung dem Gas allein zugewiesen wird und die Elektrizität den anderen Energiebedarf des Haushaltes übernehmen soll. In diesem Fall ist tatsächlich kein freier Wettbewerb angenommen, sondern die Energieversorgung wurde auf Gas und Elektrizität aufgeteilt. Soll dagegen der freie Wettbewerb über den Einsatz der Energiearten entscheiden, so muß das Verteilungsnetz der EVU zumindest teilweise schon bei dem Neuverlegen auch für das Elektrokothen vorgesehen werden. Dann steigt der Mehrbedarf auf 400.— DM/Haushalt. In diesem Falle wird über 50% mehr Anlagekapital benötigt. Die Mehrkosten des Ver-

<sup>1</sup> Eine ausführliche Berechnung soll später veröffentlicht werden.



1. Januar 1951

brauchers steigen dann von 20% auf über 30% und betragen über 30.— DM/Jahr und Haushalt. — Jedes fortschrittliche EVU wird aber das Netz in vielen Teilen sofort so ausbauen müssen, daß später das Elektrokothen und Warmwasserbereiten übernommen werden kann.

Es kann nicht verantwortet werden, daß der Volkswirtschaft und dem Verbraucher Mehrkosten für ein doppeltes Versorgungsnetz aufgebürdet werden, nur damit der Verbraucher sich entscheiden kann, welche der beiden Energiearten er verwenden will. Diese Entscheidungsmöglichkeit wird für ihn zu kostspielig, wie es auch der Wettbewerb von zwei EVU oder GUV in einem Gebiet werden würde. Von höherer volkswirtschaftlicher Warte aus muß also leider auf den freien Wettbewerb der beiden Energiearten verzichtet werden, da ein Versorgungsnetz dem Verbraucher die Haushaltenergie billiger liefert als zwei Verteilungsnetze, selbst wenn die beiden Netze nicht auf freien Wettbewerb, sondern auf die Zuordnung des Gases und der Elektrizität für die Verwendung der Energie abgestellt sind. Bei der Beschränkung auf die Elektrizität als einzige Versorgungsenergie kann dabei vorausgesetzt werden, daß die Hausfrau in der Elektroküche einen geringen Vorteil (keine Verbrennungsgase, keine Kondenswasserbildung, geringere Unfallgefahr, größere Sauberkeit), zumindest keinen Nachteil sieht und daß die Gasversorgung für den Haushalt weder wirtschaftlich noch technisch erforderlich ist. Der Kapitalbedarf wird ebenfalls geringer, eine Tatsache, die in unserer kapitalarmen Wirtschaft besonders zu beachten ist.

Diese Überlegungen gelten natürlich nur für neue Städte, neue Stadtteile, neue und alte Straßenzüge, in denen die Versorgungsleitungen infolge der Kriegsschäden neu erstellt werden müssen. Aber bei rd. 350 000 im Jahr zu bauenden Neubauwohnungen dürfte doch in vielen Fällen eine der angeführten Möglichkeiten auftreten.

Für alte Stadtteile gelten ähnliche Überlegungen. Auch hier wird sich bei kostennahen Tarifen die Elektrowärme für die Verbraucher wirtschaftlicher gestalten als die Gaswärme, wenn beide Energiearten im freien Wettbewerb stehen. Das würde bedeuten, daß die Gaswärme und die Gasversorgung in alten Stadtteilen überflüssig wird und daß eine Entwertung der Gasversorgungsanlagen zu erwarten ist. Es fragt sich dann, ob man dem freien Wettbewerb auch in alten Stadtteilen zulassen oder ob man die Gasversorgungsanlagen vor der Entwertung durch eine den Elektrizitätsverbrauch einschränkende Preispolitik steuern soll. Bei freiem Wettbewerb wird der Gaswerksunternehmer den Gaspreis so festsetzen, daß die Gas- mit der Elektrowärme konkurrieren kann. Bei dieser Preispolitik muß das Gaswerk auf einen Teil oder die ganze Verzinsung verzichten und wird versuchen, so viel Geld wie möglich aus der Gasversorgung herauszuholen; es muß aber einen Teil seines Kapitals als verloren betrachten. Das ist für das Gaswerk aber immer noch besser, als wenn bei voller Berücksichtigung des Kapitals die Preise so hoch würden, daß es seine Ware nicht mehr verkaufen kann. Erst wenn der Wettbewerbspreis so niedrig ist, daß sogar die Betriebskosten nicht mehr gedeckt werden können, wird das Werk auf die weitere Gaslieferung verzichten. Das Gaswerk wird allerdings auch keinen Pfennig für Verbesserung oder Ausweitung ausgeben, denn es weiß, daß sein Kapital schlecht angelegt ist. Nach diesen Überlegungen ist es allein richtig, in „alten“ Städten mit Gas- und Elektrizitäts-Versorgungsleitungen durch den freien Wettbewerb entscheiden zu lassen, und nicht durch planwirtschaftliche Maßnahmen künstlich in das Wirtschaftsgeschehen einzugreifen. Andererseits ist die Forderung der EVU nach alleiniger Versorgung in den „neuen“ Stadtteilen nach dem oben Gesagten richtig.

### 5. Kostennahe Preise

Soll der Verbraucher über die im freien Wettbewerb stehenden Energiearten entscheiden, dann ist es also erforderlich, daß beide Energiearten nach kostenechten oder kostennahen Preisen verkauft werden. Dabei müssen kostenechte Preise auch kostenwahr sein, d. h. der Durchschnitts-

preis muß der Durchschnittshöhe richtig berechneter Selbstkosten entsprechen. Als kostenecht sollen die Preise bezeichnet werden, die die Abhängigkeit des Preises von der Ausnutzung der Anlagen wiedergeben, während kostennah die Preise sind, die ebenfalls von der Ausnutzung abhängen, bei denen aber der Arbeitspreis nicht den beweglichen Kosten eines speziellen EVU, sondern dem Durchschnittswert der beweglichen Kosten aller deutscher EVU ungefähr entspricht. — Wie sieht es nun mit der Kostenechtheit, Kostenwahrheit und Kostennähe der Preise beider Energiearten aus?

Es ist allgemein bekannt, daß in vielen Gemeinden, bei denen sich Gas- und Elektrizitätswerke in einer Hand befinden, die Gaswerke nur wenig an Konzessionsabgabe und Gewinn an die Stadtkasse abführen können, die Elektrizitätswerke dagegen erheblich. Dadurch erhalten die Elektrizitätswerke verhältnismäßig hohe Aufschläge, die bei den Gaspreisen nur gering sind. Die derzeitigen Preise sind daher bei vielen Städten nur bedingt vergleichbar. Ich möchte sagen: die Preise sind nicht kostenwahr, in der Elektrizitätsversorgung werden oft zu hohe und in der Gasversorgung zu niedrige Aufschläge berechnet. Trotz der Unterschiede in der Preisgestaltung durch die Gewinnspannen soll in den weiteren Betrachtungen von den derzeitigen Preisen ausgegangen werden.

Beide Energieversorgungsunternehmen haben nun ähnliche Kostenbedingungen. Es wird in beiden Fällen ein großes Anlagekapital benötigt, wodurch der Kapitalumschlag sehr klein wird. Dadurch werden die festen Kosten hoch und die beweglichen Kosten niedrig. Die EVU verrechnen bei den Haushaltstarifen die festen Kosten teilweise über die Grundgebühr und teilweise über die Arbeitsgebühr, in der vor allen Dingen die beweglichen Kosten enthalten sind; die Arbeitsgebühr wird so hoch festgelegt, daß sie den Wettbewerb mit anderen Energiearten aufnehmen kann. — Die derzeitigen Haushaltstarife der allermeisten EVU sind nun aber nicht kostenecht oder kostennah. Beim Übergang vom kWh-Tarif zum Grundgebührentarif fürchteten die EVU, daß eine kostenechte Grundgebühr ihren Abnehmern zu hoch sein könnte. Ein Teil der festen Kosten wurde daher nicht in die Grundgebühr gelegt, sondern auf den Arbeitspreis umgeschlagen. Dadurch ergaben sich höhere, fast doppelt so hohe Arbeitspreise gegenüber kostenechten oder kostennahen Arbeitspreisen. Werden aber die festen Kosten ganz oder teilweise auf die Arbeitsgebühr umgeschlagen, so ergibt sich eine bestimmte Benutzungstundenzahl (Belastungsfaktor), bei der sich Kosten und Tarifpreise decken. Liegt die tatsächliche Nutzungsdauer des einzelnen Abnehmers unter der als Durchschnittsdauer gewählten Größe, so werden die Kosten nicht gedeckt. Ist die tatsächliche Nutzungsdauer größer als der Durchschnittswert, so bezahlt der Abnehmer zu viel und für jede über die Durchschnittsnutzungsdauer abgenommene kWh ergibt sich ein zusätzlicher Gewinn für das EVU.

Bei den GUV wird hauptsächlich über den Einheitspreis (Pfg/m<sup>3</sup>), der weder kostenecht noch kostennah ist, verrechnet, teilweise mit einer kleinen Zählergebühr oder über einen Regelverbrauchtarif, bei dem ein kleiner Teil der festen Kosten in der ersten Zone erscheint. Ohne auf das Warum dieser Tatsachen einzugehen, soll versucht werden, die Kosten der Versorgungsunternehmen über die derzeitigen Preise für die Haushaltverbraucher zu berechnen (auf die Verschiedenheit der Gewinnspannen wurde schon oben hingewiesen). Dabei wird angenommen, daß Kosten und Preise einander entsprechen. Es kann sich allerdings nur um eine überschlägige Berechnung handeln, da die Kosten, bedingt durch die Frachtbasis der Kohle, die Größe des Kraftwerkes und des Netzes usw. örtlich sehr verschieden sein können. Aber wie man auch die Rechnung aufzog, ergaben sich in vielen Untersuchungen doch etwa gleiche Zahlen. Darauf und nicht auf eine genaue Berechnung kann es in unserer Untersuchung auch nur ankommen.

Zur Berechnung der Verbraucherausgaben bzw. der Selbstkosten der Versorgungsbetriebe wurde angenommen:

Haushalt-Gasverbraucher im Jahr	360 m <sup>3</sup> /Jahr
Haushalt-Elektroverbrauch im Jahr mit bzw. ohne Kochen	150 bzw. 1050 kWh/Jahr
Grundgebühr für die Elektrizität mit bzw. ohne Kochen	3,6 bzw. 6.— DM/Jahr
Arbeitsgebühr für die Elektrizität mit bzw. ohne Kochen	5 bzw. 10 Pfg/kWh
bewegliche Elektrizitäts- bzw. Gaskosten	3 Pfg/kWh bzw. 4 Pfg/m <sup>3</sup>
Gaspreis	20 Pfg/m <sup>3</sup>

Dann ergeben sich für die verschiedenen Versorgungsfälle auf Grund der derzeitigen Tarife die folgenden Jahres-Energieausgaben des Verbrauchers bzw. die Kosten der Versorgungs-Unternehmen (sämtlich in DM):

	Gas-, Elektrizitäts-Verbrauch	
	ohne Kochen	mit
	131,30 DM	124,5
Jahresausgaben des Haushaltes =		
Kosten des GUV bzw. EVU	72,0	59,3
Messung, Verrechnung usw.	10,0	10,0
bewegliche Kosten	14,4	4,5
fixe Kosten	47,5	44,8
Summe der festen Kosten	92,50 DM	83,0 DM
	weniger bei Elektrizität: 9,50 DM	

Der Verbraucher zahlt also bei reiner Elektrizitätsversorgung rd. 6,80 DM/Jahr oder rd. 5% weniger. Die jährlichen Minderkosten für das Anlagekapital betragen bei reiner Elektrizitätsversorgung rd. 9,50 DM/Haushalt und Jahr. Das entspricht bei einem durchschnittlichen Jahresfaktor für Kraftwerk und Netz von 15% einem Kapitalminderbedarf von 63 DM/Haushalt. Bei der Betrachtung des freien Wettbewerbes hatten wir aber einen Kapitalminderbedarf von 200 DM/Haushalt errechnet. Der Unterschied ist durch die höhere Gewinnspanne bei der derzeitigen Kostenberechnung für die Elektrizität begründet.

Wird das Elektrizitätsversorgungsgesetz für den Fall des freien Wettbewerbes sofort auf Kochstromversorgung abgestellt und daneben noch ein Gasnetz verlegt, dann ergeben sich bei zwei Versorgungsnetzen jährliche Mehrkosten für das Anlagekapital von 47,50 DM/Haushalt. Das entspricht einem Kapitalmehrbedarf in Höhe von 300 DM/Haushalt. Weiter oben beim „freien Wettbewerb“ war bedingt durch gleiche Gewinnspannen der Kapitalmehrbedarf von 400 DM/Haushalt errechnet worden.

Wenn die Berechnung mit Hilfe der derzeitigen Tarife für die reine Elektrizitätsversorgung auch keinen bedeutenden Vorteil ergibt und die mit Hilfe der Selbstkosten unter der Annahme gleicher Gewinnspannen errechneten Zahlen einen größeren Vorteil aufweisen, so zeigen doch auch die für das EVU bewußt ungünstig gewählten Zahlen, daß die reine Elektrizitätsversorgung vor der mit Gas und Elektrizität zu bevorzugen ist.

Auf eine Schwierigkeit soll noch hingewiesen werden. Das Gas ist zusammen mit dem Koks, Benzol usw. ein Kuppelprodukt. Der Preis des Gases kann zwar mehr oder minder theoretisch begründet werden. Letzten Endes ist aber der Marktpreis der anderen Kuppelprodukte und besonders des Kokses für den Gaspreis entscheidend. Aus dieser Tatsache, der sog. Preisschere Gas-Koks ergeben sich bei schwankenden Kokspreisen gewisse Schwierigkeiten bei der Preisgestaltung des Gases.

### 6. Örtliche Zusammenfassung der GUV und EVU zur zweckmäßigen Steuerung des Absatzes

Da die Gaswirtschaft die kostennahen Preise ablehnt, um im freien Wettbewerb über den Verbrauch der Energiearten entscheiden zu lassen, schlägt sie als derzeit bestes Mittel die örtliche Steuerung durch Zusammenfassen der beiden Energieversorgungs-Unternehmen in der Verteilerstufe vor. Mit Hilfe einer gesunden Preispolitik soll dafür gesorgt werden, daß Bestand und Weiterentwicklung des GUV und EVU möglichst gewährleistet sind. Durch eine planwirtschaftliche Maßnahme auf der Ortsstufe soll also über festzusetzende Preise der Verbrauch der Energieträger gesteuert werden. Man kann natürlich aus grundsätzlichen Erwägungen eine planwirtschaftliche Maßnahme ablehnen. Erkennt man aber planwirtschaftliche Maßnahmen auf irgendeinem

Gebiet der Wirtschaft an, dann müssen sie natürlich dem Verbraucher und der Volkswirtschaft dienen, müssen für den Verbraucher die kleinsten Energiekosten bringen. Es war schon oben gesagt worden, daß zwei Versorgungsnetze in „neuen Stadtteilen“ vom Verbraucher größere Ausgaben und von der Volkswirtschaft größere Kapitalanlage erfordern. Die vorgeschlagenen planwirtschaftlichen Maßnahmen würden also nichts anderes bedeuten, als daß das Gas auf Kosten der Elektrizität gefördert würde und die Verluste des Gaswerkes auf Kosten der Überschüsse der Elektrizität ausgeglichen würden; solche Maßnahmen sind aber zu vermeiden.

Tatsächlich wird schon heute in vielen Gemeinden, in denen sich GUV und EVU in einer Hand befinden, der Energieverbrauch bewußt gesteuert, der Gasverbrauch über hohe Elektrizitäts- und niedrige Gaspreise gefördert. Dadurch kann die Elektrowärme nicht mit der Gaswärme konkurrieren. Von manchen Verbrauchern wird sogar gefragt, ob der Verbrauch nicht nur gesteuert wird, um zu Lasten des Abnehmers den für die Gemeinde größtmöglichen Gewinn zu erzielen. Der freie Wettbewerb wird in diesem Falle nicht durch irgendwelche preisrechtlichen Sonderbestimmungen, sondern durch die Preissteuerung der monopolartigen Unternehmen beeinträchtigt.

### 7. Umstellung von Gas- auf Elektrowärme

Die Entscheidung für die reine Elektrizitätsversorgung gilt nur für „neue Stadtteile“. Wie die Gaswirtschaft aber selbst sagt, wäre bei kostennahen Preisen die Wettbewerbsfähigkeit des Gases ernsthaft in Frage gestellt und die Ortsgaswirtschaft ohne finanzielle Grundlage der Haushaltsgasversorgung heute und in Zukunft nicht lebensfähig. Damit erkennt die Gaswirtschaft selbst an, daß sie nicht weiter bestehen kann, wenn der Verbraucher nicht über erhöhte Aufwendungen den Bestand und die Weiterentwicklung gewährleistet. Solch eine Maßnahme, die Subventionierung über die Mehrausgaben der Verbraucher, ist als volkswirtschaftlich falsch abzulehnen. Diese Feststellung bedeutet, daß die Gaswirtschaft zwar ihren Bestand vorerst noch halten wird, aber mit einer Weiterentwicklung nicht rechnen kann. Im Endeffekt müßte also die Elektrizität die Gesamtwärmeversorgung übernehmen. Ob eine solche Maßnahme als volkswirtschaftlich richtig betrachtet werden kann, das ist das Problem.

Zuerst ist die Frage zu untersuchen, ob das Gas in der Ortsenergieversorgung, d. h. besonders im Haushalt und im Handwerk technisch oder wirtschaftlich unbedingt erforderlich ist. Für den Haushalt haben wir schon die Unwirtschaftlichkeit der Gasversorgung festgestellt. Im Handwerk gibt es kaum einen Betrieb, in dem Gas technisch unbedingt erforderlich ist. Auch wirtschaftlich ist das Gas im Handwerk nicht notwendig, denn es stehen ja jetzt Gas, Elektrizität und feste Brennstoffe im Wettbewerb und Gas ist in keinem Falle unbedingt vorzuziehen. Gas ist also in der Ortsenergieversorgung nicht erforderlich, sondern entbehrlich. Dagegen erweist es sich in der Wärmewirtschaft der Industrie bei Ferngasanschluß mit den dann möglichen niedrigen Preisen als wirtschaftlich wünschenswert.

Bei der zu erwartenden langsamen Umstellung können die EVU ohne Schwierigkeiten die derzeitige Wärmeversorgung durch die Gaswerke übernehmen. Auch für den finanziellen Bestand der Ortsgasversorgung braucht nichts befürchtet zu werden. Wie die Geschichte der Technik zeigt, dauert es Jahrzehnte, bis das Gute durch das Bessere ersetzt wird. Besonders bei kapitalintensiven Anlagen ist dies festzustellen (Gas — elektrische Beleuchtung, Gleichstrom — Drehstrom). So wird es auch bei der besonders kapitalintensiven Gaswirtschaft lange Zeit dauern, bis in der Wärmeversorgung das Gas durch die Elektrizität ersetzt wird. Da die Kosten des Elektroherdes für die meisten Haushaltungen eine große Kapitalanlage bedeuten, wird bei den minderbemittelten Haushalten kaum ein betriebsfähiger Gasherd durch einen Elektroherd ersetzt werden. Man wird sogar eine lange Übergangszeit annehmen können, bis nur 20% der Haushaltungen in „alten“ Stadtteilen mit Elektrizität kochen

und so das Höchstmaß der Ausnutzung im Netz erreicht wird. Es ist daher durch vernünftige Betriebsführung und normale Abschreibungen möglich, einen Kapitalverlust durch die Entwertung der Gaswerke zu vermeiden.

**8. Investierung in der Gaswirtschaft**

Die Feststellung, daß die Weiterentwicklung der Gasversorgung auf Kosten der Mehrausgaben der Verbraucher volkswirtschaftlich nicht vertretbar ist, verlangt noch ein Eingehen auf die derzeitigen Investitionen in der Orts-Gasversorgung. Oft werden heute noch neue Verteilungsleitungen für Gas verlegt, um den Gasabsatz zu fördern und die Erzeugungsanlagen voll auszunutzen. Der Gasverbrauch hat aber in der Ortsgasversorgung in vielen Fällen trotz aller Werbemaßnahmen sich nicht erwartungsgemäß entwickelt. So ergibt sich, daß die Gaserzeugungsanlagen auch heute noch oft überbemessen sind. Für neue Verteilungsanlagen, die nach den oben gemachten Feststellungen nicht richtig sind, wird also Geld aufgewandt, nur um bestehende Anlagen auszunutzen und angelegtes Kapital rentabel zu machen. Bei dieser Maßnahme muß man aber größte Vorsicht

walten lassen, denn womöglich „wirft man gutes Geld schlechtem Gelde nach“. Investitionen in der Gaswirtschaft sollten möglichst vermieden werden.

**Zusammenfassung**

Die Untersuchung hat ergeben, daß aus volkswirtschaftlichen Gründen in Stadtteilen mit neu zu verlegenden Versorgungsleitungen die reine Elektrizitätsversorgung vorgesehen werden sollte. In Stadtteilen mit schon vorhandenen Gas- und Elektrizitäts-Verteilungsleitungen soll dagegen der Verbraucher über die Verwendung der mit kostennahen Energiepreisen im Wettbewerb stehenden Energieträger entscheiden. Bei wirklich kostennahen Preisen, die nicht durch hohe bzw. niedrige Gewinnspannen in dem einen bzw. anderen Falle (Elektrizität bzw. Gas) künstlich festgelegt sind, wird sich der Verbraucher aus wirtschaftlichen Überlegungen und aus Zweckmäßigkeitsgründen immer für die Elektrizität bei der Kochwärmeverorgung des Haushaltes entscheiden. Die Ortsgasversorgung wird allmählich immer mehr an Bedeutung verlieren. Kapitalinvestitionen sollten daher in der Ortsgasversorgung möglichst vermieden werden.

**Ein Beitrag zur Berechnung von Hochspannungsleitungen großer Länge**

Von Wilhelm Schneider, München

DK 621.311.1.011

**Übersicht.** Die normalen Berechnungsmethoden für Hochspannungsleitungen werden bei langen Leitungen mit größeren Koronaverlusten so ungenau, daß die entstehenden Fehler vielfach nicht mehr vernachlässigt werden können. Im folgenden wird daher ein exaktes Berechnungsverfahren vorgeschlagen, das mit Hilfe zweier Diagramme alle Verluste berücksichtigt und für jede Leitungslänge streng richtige Ergebnisse liefert.

Die übliche Methode der Berechnung von Hochspannungsleitungen mit Hilfe des klassischen Ossanna-Diagramms, der verkehrten Kurzschlußleistung  $N_{kr}$  und des Leitungswinkels  $\psi = \text{arctg } \omega L/R$  ist bekanntlich nicht ganz exakt, da die Leitungskonstanten einfach durch Multiplikation der kilometrischen Werte mit der Leitungslänge erhalten werden und außerdem die Ableitungs- und Koronaverluste sowie die Kapazität der Leitung nur angenähert — nämlich durch Verwerfen entsprechender Leitwerte auf Leitungsanfang und Leitungsende — berücksichtigt werden [1]. Bei Leitungslängen bis zu 200 km sind die entstehenden Fehler gering, so daß sie praktisch nicht ins Gewicht fallen.

Die Verhältnisse ändern sich jedoch grundlegend, wenn es sich um ausgesprochen lange Leitungen handelt — wie sie bei dem geplanten 380 kV-Höchstspannungs-Verbundnetz vorgesehen sind —, bei denen die Koronaverluste nicht mehr vernachlässigbar klein, sondern im Gegenteil maßgebend für den Gesamtwirkungsgrad der Übertragung sein können. Hier muß man bei der Berechnung an Stelle der tatsächlichen Leitungskonstanten  $R$ ,  $A$ ,  $L$  und  $C$  sogenannte „Ersatzkonstanten“ einführen, deren Bestimmung leider ziemlich mühsam und zeitraubend ist. Außerdem liefern diese Ersatzkonstanten nur bei einer einzigen Frequenz — die bei der Berechnung zugrunde gelegt wurde — streng richtige Ergebnisse.

Will man nun feststellen, welchen Einfluß die verschiedenen Leitungs- und Betriebsgrößen, wie Frequenz, Leitungslänge, Seilquerschnitt, Mastbild, Koronaverluste, Witterung usw., auf die Übertragungseigenschaften einer solchen Leitung ausüben, so ist dies eine außerordentlich mühsame Aufgabe.

Es wird daher im folgenden — ausgehend von allgemeinen und theoretisch streng gültigen Vierpolgleichungen — eine Berechnungsmethode vorgeschlagen, die für alle Leitungslängen richtige Ergebnisse liefert, sämtliche Längs- und Querverluste der Übertragungsleitung berücksichtigt und ohne großen Zeitaufwand rasch zum gewünschten Ziele führt. Die Methode ist außerordentlich einfach, übersichtlich und exakt. Sie bedient sich zweier Diagramme, deren gleichzeitige Anwendung alle Leitungsprobleme zu lösen gestattet. Ihre Genauigkeit ist nur vom Maßstab abhängig

und läßt sich so weit treiben, daß sie für alle praktisch vorkommenden Bedürfnisse ausreicht.

**I. Grundgleichungen**

Bekanntlich kann man jede gleichmäßige Leitung als symmetrischen Vierpol auffassen. Zweckmäßig benützt man zur Beschreibung der Übertragungseigenschaften eines solchen Leitungsvierpols die Wellenparameter [2]. Durch den komplexen Wellenwiderstand  $\mathfrak{Z}$  und das komplexe Wellenübertragungsmaß  $\mathfrak{g}$  sind die Eigenschaften des symmetrischen Vierpols vollkommen bestimmt und es gelten folgende, aus der Vierpoltheorie bekannte Gleichungen:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 \cos \mathfrak{g} + \mathfrak{Z}_2 \cdot \mathfrak{I} \sin \mathfrak{g} \\ \mathfrak{I}_1 &= U_2 \frac{1}{\mathfrak{Z}} \sin \mathfrak{g} + \mathfrak{I}_2 \cos \mathfrak{g} \end{aligned} \quad (1)$$

Hierbei sind  $\mathfrak{I}_1$  und  $U_1$  Strom und Spannung am Eingang des Vierpols,  $\mathfrak{I}_2$  und  $U_2$  Strom und Spannung an seinem Ausgang,  $\mathfrak{R} = 1/\mathfrak{I}$  der komplexe Abschlußwiderstand,  $\mathfrak{W} = 1/\mathfrak{S}$  der komplexe Eingangswiderstand und  $\mathfrak{Z} = 1/\mathfrak{Y}$  der ebenfalls komplexe Wellenwiderstand (Bild 1). Für das Übertragungsmaß schreiben wir:

$$\mathfrak{g} = l \gamma = l (\beta + j \alpha) = b + j a.$$

Der Realteil  $b$  wird als „gesamtes Dämpfungsmaß“, der Imaginärteil  $a$  als „gesamtes Phasenmaß“ bezeichnet. Die Größen  $\beta$  und  $\alpha$  gelten analog für je 1 km Leitungslänge.  $l$  ist die Länge der Leitung in km. Führt man die auf den Wellenleitwert  $\mathfrak{Y}$  bezogenen Leitwerte

$$t = \frac{\mathfrak{I}}{\mathfrak{Y}} \quad \text{und} \quad \mathfrak{s} = \frac{\mathfrak{S}}{\mathfrak{Y}}$$

in die Rechnung ein, so erhält man nach einigen Umformungen und Nebenrechnungen, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen werden soll, zwei Gleichungen, die als Ausgangspunkte für die oben erwähnten Diagramme geeignet sind:

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{1}{2} e^{-a} (1+t) + \frac{1}{2} e^{-a} (1-t) \\ U_2 &= \frac{1}{2} e^{-a} (1+t) + \frac{1}{2} e^{-a} (1-t) \end{aligned} \quad (2)$$

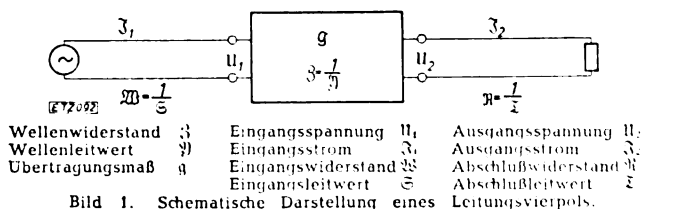
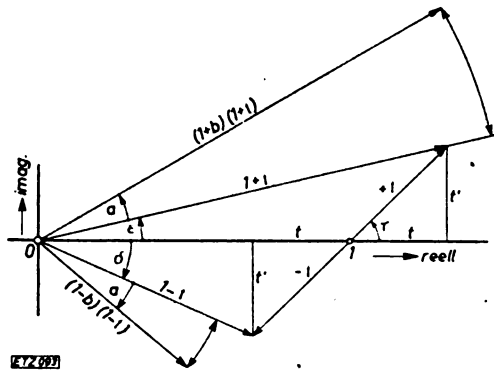


Bild 1. Schematische Darstellung eines Leitungsvierpols.



b Phasenmaß  
a Dämpfungsmaß } der Leitung  
t bezogener Abschlußleitwert  
t, t' Real- und Imaginärteil von t

Bild 2. Vektorbild zur Konstruktion des Spannungsverhältnisses p.

$$\frac{\beta - 1}{\beta + 1} = \frac{t - 1}{t + 1} \cdot e^{-2\alpha} \quad (3)$$

Aus Gleichung (2) erhalten wir das Spannungsverhältnis  $p = U_1/U_2$  nach Größe und Phase als Funktion des bezogenen Abschlußleitwertes  $t$ , wenn Dämpfung und Phasenmaß gegeben sind. Aus Gleichung (3) erhalten wir den bezogenen Eingangleitwert  $\beta$  als Funktion des bezogenen Abschlußleitwertes  $t$ . Dabei müssen ebenfalls wieder Dämpfung und Phasenmaß gegeben sein.

II. Das Spannungsverhältnisdigramm

Nach Gleichung (2) ist:

$$2p = 2 \frac{U_1}{U_2} = e^b e^{ja} (1+t) + e^{-b} e^{-ja} (1-t)$$

Wir setzen nun:  $e^{\pm b} \approx 1 \pm b$ .

Diese Näherung ist stets zulässig, da der Dämpfungsfaktor  $b$  auch bei sehr langen Leitungen immer eine recht kleine Zahl ist. Der entstehende Fehler bleibt für  $b < 0,15$  unter 1%.

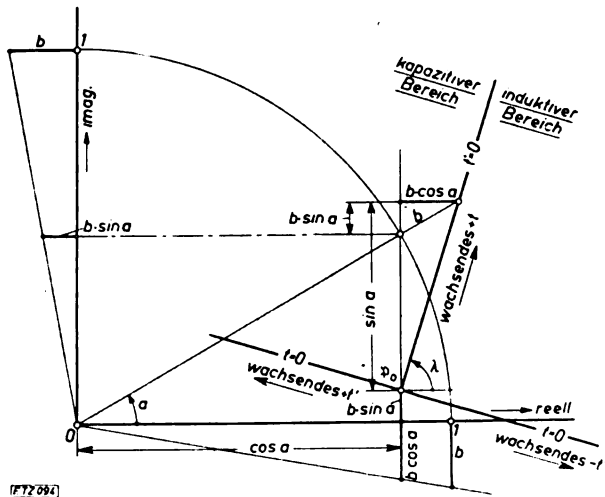
Es sei weiterhin:

$$t = t + j t' = |t| e^{j\tau}$$

Bilden wir nun den Real- und Imaginärteil des um den Winkel  $a$  entgegen dem Uhrzeigersinn verdrehten Vektors  $(1+b)|1+t|$ , desgleichen Real- und Imaginärteil des um den Winkel  $a$  im Uhrzeigersinn verdrehten Vektors  $(1-b)|1-t|$  und addieren beide, so erhalten wir nach einigen Umformungen das komplexe Spannungsverhältnis (Bild 2):

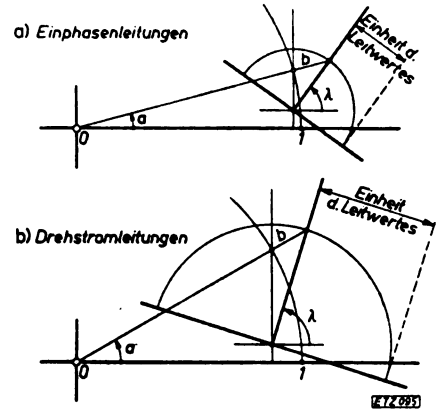
$$p = (1 + bt) \cos a - t' \sin a + j [(b + t) \sin a + bt' \cos a] \quad (4)$$

Eine genauere Betrachtung obiger Gleichung führt zu fol-



(72-094)

b, a, t, t' wie Bild 2  
p\_0, Leerlaufspannungsverhältnis.  
Bild 3. Spannungsverhältnisdigramm.



b, a wie Bild 2  
lambda Neigungswinkel des Leitwertkoordinatensystems.  
Bild 4. Spannungsverhältnisdigramme von Bahnstrom- und Drehstromleitung.

gendem interessanten Ergebnis: Der Leerlaufpunkt  $t = 0$ ,  $t' = 0$  bekommt in der komplexen  $p$ -Ebene die Koordinaten  $p_0 = \cos a + j b \sin a$ . Der geometrische Ort für  $t' = 0$  ergibt eine Gerade durch  $p_0$  mit dem Neigungswinkel  $\lambda$  gegen die positive reelle Achse, wobei:

$$\tan \lambda = \frac{1}{b} \tan a$$

$t = 0$  liefert eine auf  $t' = 0$  senkrecht stehende, durch  $p_0$  gehende Gerade,  $|t| = \text{const}$ . Kreise um  $p_0$  und  $\tau = \text{const}$ . Strahlen durch  $p_0$ .

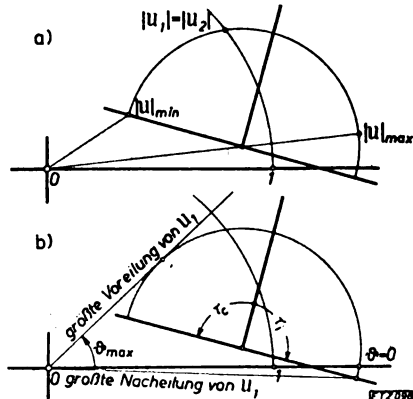
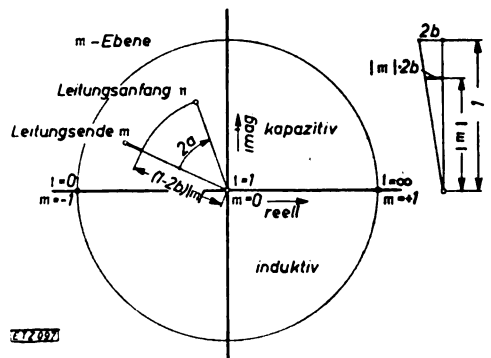


Bild 5. Extremwerte des Spannungsverhältnisdigrammes, a) Maximale und minimale Eingangsspannung, b) Größte Vor- und Nacheilung der Eingangsspannung.

Damit haben wir die Möglichkeit, jeden beliebigen, bezogenen Abschlußleitwert  $t$  in das so gewonnene Koordinatensystem einzutragen, womit auch das zugehörige  $p$  nach Größe und Phase gefunden ist (Bild 3). Für die Konstruktion des Diagramms ist besonders bemerkenswert, daß der Punkt  $t = 1$ ,  $t' = 0$ , also die Einheit des Wirkleitwertes, auf einfachste Weise dadurch erhalten wird, daß man den

von 0 ausgehenden, unter dem Winkel  $a$  gegen die positive reelle Achse geneigten Strahl über den Kreis mit dem Radius 1 hinaus um das Stück  $b$  verlängert. Damit bekommt man gleichzeitig auch die Achsenneigung des Koordinatensystems.

Der funktionelle Zusammenhang von  $p$  mit  $t$  ist an Hand des Diagramms leicht zu übersehen. Grundsätzlich läßt sich folgendes feststellen: Der Leerlaufpunkt  $p_0$  fällt bei kurzen



a, b wie in Bild 2  
n, m komplexe Größen, die aus Eingangs- und Abschlußleitwert abgeleitet sind.  
Bild 6. Anwendung des Leitwertdiagrammes.

Leitungen mit vergleichsweise kleiner Dämpfung nahezu mit dem Punkt 1 auf der reellen Achse zusammen. Bei langen Leitungen wandert  $\vartheta_0$  nach links oben aus, und zwar umso mehr je größer  $a$  und  $b$  werden. Die Neigung des durch  $\vartheta_0$  gehenden Achsenkreuzes ist ebenfalls von  $a$  und  $b$  abhängig. Mit wachsender Dämpfung  $b$  wird der Winkel  $\lambda$  immer kleiner, mit wachsendem Phasenmaß  $a$  immer größer (Bild 4). Bei jedem Abschlußscheinleitwert  $|t|$  gibt es einen bestimmten, stets induktiven Phasenwinkel, bei dem das Spannungsverhältnis  $|p|$  am größten wird, während der kleinste Wert von  $|p|$  immer bei rein kapazitiver Belastung auftritt.

Die Punkte für gleiche Spannung am Anfang und Ende der Leitung ( $|U_1| = |U_2|$ ) liegen auf einem Kreisbogen um den Ursprung 0 mit dem Radius 1, im allgemeinen also bei kapazitiven Phasenwinkeln. Das Diagramm liefert auch sofort die Phasenbeziehungen zwischen  $U_1$  und  $U_2$ . Bei rein induktivem Phasenwinkel eilt  $U_1$  meist mehr oder weniger nach, erreicht bei einem bestimmten induktiven Phasenwinkel Phasengleichheit mit  $U_2$  und wird bei noch kleinerem Phasenwinkel voreilend. Zieht man von 0 aus an den Scheinleitwertskreis um  $\vartheta_0$  eine Tangente, so erhält man den Belastungspunkt, bei dem die größte Voreilung von  $U_1$  auftritt. Der Winkel zwischen  $U_1$  und  $U_2$  darf dann bekanntlich den aus Gründen der Stabilität gerade noch zulässigen größten Wert ( $\vartheta \text{ max} \approx 15^\circ \dots 25^\circ$ ) nicht überschreiten (Bild 5). Bemerkenswert ist, daß die Punkte für  $|U_1| \text{ max}$  nahezu mit den Punkten für  $\vartheta = 0$ , die Punkte für  $|U_1| = |U_2|$  nahezu mit den Punkten für  $\vartheta = \vartheta \text{ max}$  zusammenfallen.

III. Das Leitwertdiagramm

Die im Abschnitt I. bereits geschriebene Gleichung (3) formen wir um wie folgt:

$$\frac{\xi - 1}{\xi + 1} = \frac{t - 1}{t + 1} \cdot e^{-2b} \cdot e^{-2ja}$$

Wir setzen darin:

$$\frac{\xi - 1}{\xi + 1} = n, \quad \frac{t - 1}{t + 1} = m, \quad e^{-2b} \approx (1 - 2b)$$

Wiederum bleibt der Fehler für  $2b < 0,15$  unter 1%. Die geringe Vernachlässigung ist also stets zulässig.

Damit wird:  $n = m(1 - 2b) \cdot e^{-2ja}$

Der Vektor  $n$  wird also dadurch erhalten, daß Vektor  $m$  um  $2b\%$  verkürzt und um den Winkel  $2a$  im Uhrzeigersinn verdreht wird. Auf diese Weise werden alle Leitungseigenschaften in ihrer Gesamtheit völlig exakt durch eine einfache Dreh-schrumpfung dargestellt (graphisch auf Polarkoordinatenpapier leicht auszuführen!).

Es bleibt nun nur noch die Aufgabe, eine einfache Methode zur Umwandlung von  $t$  in  $m$  oder umgekehrt von  $n$  in  $s$  zu finden. Am besten bedienen wir uns hier eines überaus bequemen Diagramms, das erstmals von H. Meinke angegeben wurde [3]. In diesem Diagramm wird die unendliche  $t$ -Halbebene rechts der imaginären Achse (Wirkleitwerte  $t > 0$ , motorischer Betrieb) in einer endlichen, kreisförmigen  $m$ -Ebene konform abgebildet. Wie eine einfache Überlegung zeigt, fällt der Punkt  $t = 0$  mit dem Punkt  $m = -1$ ,  $t = 1$  mit dem Punkt  $m = 0$  und  $t = \infty$  mit dem Punkt  $m = +1$  zusammen. Rein imaginären Werten von  $t$  entspricht in der  $m$ -Ebene ein Kreis mit dem Radius 1, wobei der unterhalb der reellen Achse liegende Halbkreis die induktiven, der oberhalb dieser Achse lie-

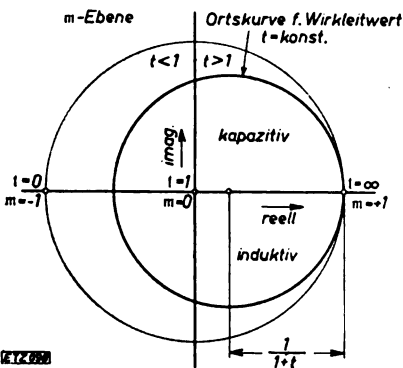
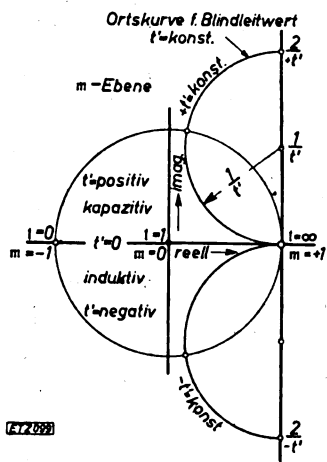
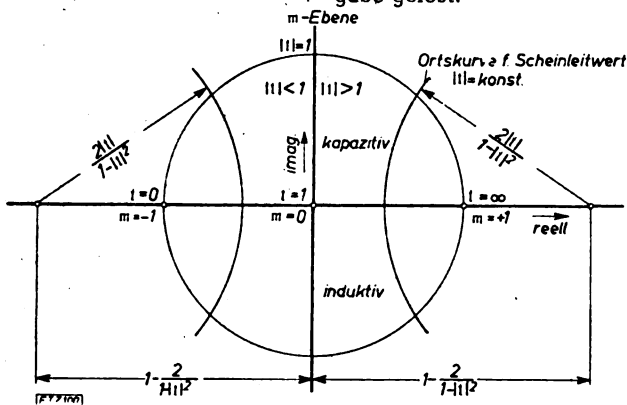


Bild 7. t bezogener Wirkleitwert. Konstruktion der Ortskurven für konstanten Wirkleitwert.



t bezogener Blindleitwert. Bild 8. Konstruktion der Ortskurven für konstanten Blindleitwert.

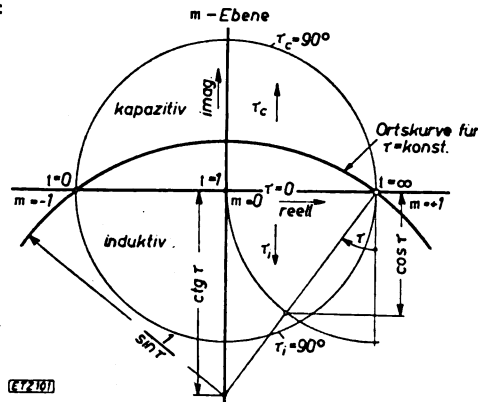


|t| Betrag des bezogenen Leitwertes oder bezogener Scheinleitwert. Bild 9. Konstruktion der Ortskurven für konstanten Scheinleitwert.

Auf die Ableitung der Ortskurven, die im übrigen sehr einfach ist, soll hier aus Raumgründen nicht eingegangen werden. Die Kurven sind sämtlich Kreise oder Ausschnitte aus solchen und mit Zirkel und Lineal sehr bequem zu zeichnen. Ein einmal angefertigtes Diagramm kann für sämtliche vorkommenden Leitungen benützt werden. Zweckmäßig verwendet man nichtschwindendes, durchsichtiges Folienpapier und zeichnet sich die verschiedenen Ortskurven auf einzelne Blätter, die man für die Ablesung nach Bedarf aufeinander legt. Es ist zu beachten, daß die Fixpunkte  $m = -1$ ,  $m = 0$  und  $m = +1$  auf allen Blättern möglichst exakt und dünn angegeben sein müssen, um das Aufeinanderlegen zu erleichtern. Bei einem Einheitsmaßstab von etwa 20 cm erhält man dann in jedem Fall genügend genaue Ergebnisse (Bilder 7, 8, 9, 10).

IV. Anwendung der Diagramme

Praktisch wird die Leitung nach folgendem Schema berechnet:



tau Winkel des bezogenen Leitwertes. Bild 10. Konstruktion der Ortskurven für konstanten Leitwertwinkel.

gende Halbkreis die kapazitiven Werte abbildet. Rein reelle Leitwerte  $t$  ergeben auch rein reelle Werte von  $m$ , liegen also auf dem Kreisdurchmesser, der die Punkte  $m = -1$  und  $m = +1$  miteinander verbindet [4].

Die Übertragung beliebiger Punkte der  $t$ -Ebene (Bild 6) in die konforme Abbildung der  $m$ -Ebene wird praktisch besonders einfach, wenn wir die Ortskurven für ausgezeichnete Werte von  $t$ , z. B. Wirkleitwert  $t = \text{const}$ , Blindleitwert  $t' = \text{const}$ , Scheinleitwert  $|t| = \text{const}$ , Leitwertwinkel  $\tau = \text{const}$  usw. in die  $m$ -Ebene übertragen. Damit ist unsere Aufgabe gelöst.

1. Bestimmung von Dämpfung, Phasenmaß und Wellenleitwert aus den gegebenen Leitungsabmessungen oder den Leitungskonstanten.
2. Berechnung der bezogenen Leitwerte aus Leitungsbelastung und Betriebsspannung. Hier ist darauf zu achten, daß der Wellenleitwert von Hochspannungsleitungen im allgemeinen einen kleinen kapazitiven Fehlwinkel  $\nu$  aufweist. Der Winkel  $\tau$  des bezogenen Leitwertes  $t$  und der Winkel  $\varphi$  des wirklichen Leitwertes  $\mathfrak{T}$  unterscheiden sich daher um den Fehlwinkel.
3. Ermittlung der gesuchten Spannung (z. B. am Leitungsanfang) mit Hilfe des Spannungsverhältnisdigramms.
4. Ermittlung des gesuchten Leitwertes (z. B. am Leitungsanfang) mit Hilfe des Leitwertdigramms.
5. Berechnung der Leistungswerte (z. B. am Leitungsanfang) aus dem in 4. ermittelten bezogenen Leitwert mit der aus 3. erhaltenen Spannung.

Die Durchrechnung eines ausführlichen Zahlenbeispiels soll einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

**Zusammenfassung**

Es wurde gezeigt, daß die Betriebswerte am Anfang und Ende einer Übertragungsleitung bei jedem beliebigen Belastungszustand durch zwei einfache Diagramme miteinander verknüpft werden können. Aus dem Spannungsdiagramm erhält man Größenverhältnis und Phasenlage von Anfangs- und Endspannung, aus dem Leitwertdiagramm Eingangs- und Abschlußleitwert. Diese Werte genügen zur exakten Lösung aller Übertragungsprobleme. Die Genauigkeit des Verfahrens ist vom Diagramm-Maßstab abhängig.

**Schrifttum**

[1] Schwaiger: Hochspannungsleitungen. Verlag Oldenbourg, München, Berlin 1931.  
 [2] Feldtkeller: Einführung in die Vierpoltheorie der elektrischen Nachrichtentechnik. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1937.  
 [3] Meinke: Ein Kreisdiagramm zur Berechnung der Vorgänge auf Leitungen. Hochfrequenztechn. 57 (1941) S. 17.  
 [4] Bieberbach: Einführung in die konforme Abbildung. Sammlung Göschen, Bd. 768.  
 Knopp: Elemente der Funktionentheorie. Sammlung Göschen, Bd. 1109.

**Das Verhalten von Selektivschutzeinrichtungen bei Pendelungen**

Von A. Thewalt, Stuttgart

DK 621.316.925.018.6

**Übersicht.** Es wird ein R-X-Diagramm ( $R$  = Wirkwiderstand,  $X$  = Blindwiderstand) aufgestellt, aus dem die Vektoren der Widerstände abgelesen werden können, die bei Pendelungen von Kraftwerken zu den verschiedenen Zeitpunkten der Pendelperiode den an verschiedenen Stellen der Verbindungsleitung zwischen den Kraftwerken eingebauten Relais vorgetauscht werden. Es wird dann gezeigt, wie man das Verhalten der verschiedenen Relaisvorrichtungen bei Pendelvorgängen aus dem Diagramm ablesen kann, wenn man die Ansprechlinien der Relais ebenfalls in das R-X-Diagramm einzeichnet.

Fallen zwei über eine Verbindungsleitung gekuppelte Kraftwerke A und B außer Tritt, z. B. durch einen nicht genügend schnell abgeschalteten Kurzschluß in einem unmittelbar an A angeschlossenen Netz, dann besteht zwischen den beiden Kraftwerken eine kleine Frequenzdifferenz. Es sei angenommen, daß dabei A das Kraftwerk mit der höheren Frequenz ist. Der Winkel  $\vartheta$  zwischen den beiden Kraftwerksvektoren  $U_A$  und  $U_B$  (Bild 1) durchläuft bei jeder Pendelperiode alle Werte zwischen  $0^\circ$  und  $360^\circ$ . Es entsteht dabei eine von dem Winkel  $\vartheta$  und damit vom zeitlichen Ablauf der Pendelung abhängige Spannungsdifferenz  $U_A - U_B = AB$  zwischen den Kraftwerksvektoren. Diese hat, wie man aus Bild 1 ablesen kann, die absolute Größe  $2 U \sin \vartheta/2$  und verursacht einen Ausgleichsstrom  $I$  zwischen den Kraftwerken von der Größe  $(2 U \sin \vartheta/2)/Z$ , wenn  $Z$  die Impedanz der Verbindungsleitung zwischen den Kraftwerken einschließlich des inneren Widerstandes der Kraftwerke bedeutet. Bei  $\vartheta = 180^\circ$  erreicht die Differenzspannung  $U_A - U_B$  und damit auch der Strom  $I$  seinen höchsten Wert:  $I = 2 U/Z$ ;  $I$  entspricht dann dem Kurzschlußstrom, der bei einem dreipoligen Kurzschluß in der Mitte von  $Z$  auftreten würde. Der Ausgleichsstrom  $I$  wirkt auf die Stromspulen der längs der Verbindungsleitung ( $Z$ ) zwischen den Kraftwerken eingebauten Relais. Er hat, wie schon erwähnt, eine vom Winkel  $\vartheta$  und damit vom zeitlichen Ablauf der Pendelung abhängige Größe, ist aber na-

türlich jeweils bei einem bestimmten Wert von  $\vartheta$  für alle Relais gleich groß. Die Spannung, die von den Spannungsspulen der einzelnen Relais längs der Verbindungsleitung während der Pendelung gemessen wird, hängt dagegen nicht nur vom Winkel  $\vartheta$ , sondern auch vom Einbauort ab.

Die Spannung, die in der Mitte von  $Z$  gemessen wird, ist durch den Vektor  $m$  gegeben. Ihre absolute Größe ist  $U \cos \vartheta/2$  (Bild 1) und wird somit bei  $\vartheta = 180^\circ$  zu Null. Für die anderen Punkte des die Kraftwerke verbindenden Widerstands  $Z$  erhält man die bei verschiedenen  $\vartheta$  auftretenden Spannungen als Summe der zu dem betreffenden  $\vartheta$  gehörenden Spannung in der Mitte ( $m$ ) und dem Spannungsabfall zwischen der Mitte von  $Z$  und dem betrachteten Punkt, also z. B. für den  $1/4 Z$  von der Mitte entfernten Punkt die Spannung  $m' = m + 1/4 Z I$ . Dabei ist der Einfachheit halber angenommen, daß während des Pendelvorganges der innere Widerstand der Kraftwerke konstant ist und den gleichen Kurzschlußwinkel hat wie die Verbindungsleitung.

Die den einzelnen längs der Verbindungsleitung eingebauten Relais für die verschiedenen Werte von  $\vartheta$  vorgetauschten Widerstandsvektoren ergeben sich nun durch Division der am einzelnen Relais gemessenen Spannung durch den auftretenden Strom (natürlich unter Berücksichtigung der Winkellage zwischen diesen Größen). Der Ausgleichsstrom  $I$  liegt um den Winkel  $\varphi_K$  (Kurzschlußwinkel der Verbindungsleitung) hinter der Spannungsdifferenz

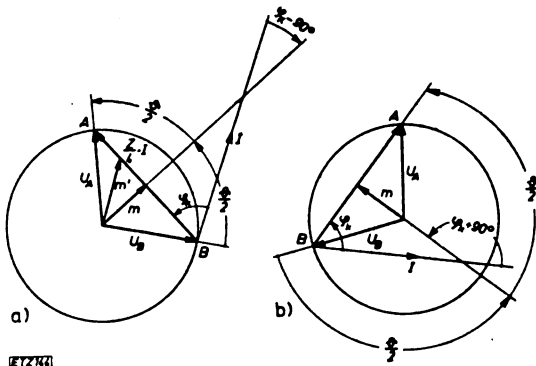


Bild 1. Strom und Spannung bei Pendelungen.

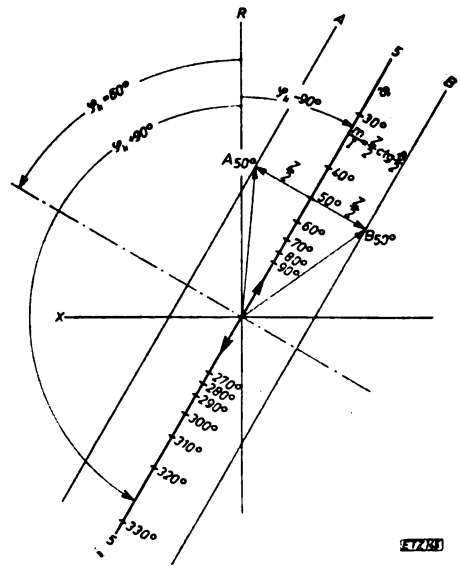


Bild 2. Bei Pendelungen vorgetauschte Widerstandsvektoren ( $\varphi_K = 60^\circ$ )





Ist nun z. B. der Impedanzschutz an der Stelle 6<sub>1</sub> eingebaut, so kann man folgendes Verhalten ablesen: Bis  $\vartheta = 65^\circ$  reagiert der Schutz nicht auf die Pendelung, denn die Linie für die Einbaustelle 6 verläuft bis  $\vartheta = 65^\circ$  außerhalb des Ansprechkreises für die Anregerelais (0,8 Z). Die Endpunkte der vorgetäuschten Widerstandsvektoren beim Relais 6<sub>1</sub> liegen also außerhalb des Ansprechkreises dieser Anregerelais. Für die Zeit, innerhalb der der Winkel die Werte  $65^\circ \dots 295^\circ$  durchläuft, sind die Anregerelais in Ansprechstellung, denn bei  $\vartheta = 65^\circ$  dringt die Linie für die Einbaustelle 6 in den Ansprechkreis der Anregerelais ein und verläßt diesen wieder bei  $\vartheta = 295^\circ$ . Wenn man für die ganze Pendelperiode als Beispiel eine Zeit von 1,5 s annimmt und für  $\vartheta$  eine konstante Winkelgeschwindigkeit für diese Pendelperiode voraussetzt, sprechen die Anregerelais  $1.5 \cdot 230/360 \approx 0,95$  s lang an. Die Schnellstufe (Kreis mit Radius 0,2 Z) spricht zwischen  $\vartheta = 143^\circ$  und  $\vartheta = 217^\circ$ , d. h. für rd. 0,3 s an. Das Energierichtungsrelais gibt die Auslösung für die Vektoren, die unterhalb der X-Achse liegen, frei. Durch die Pendelung kann nur eine Fehlauflösung erfolgen, wenn Anregung, Impedanzrelais und Richtungsrelais gleichzeitig die Auslösung freigeben, d. i. bei  $\vartheta = 167^\circ \dots 217^\circ$ , d. h. für rd. 0,2 s der Fall. Die Zeit vom Ansprechen der Anregung bis zum Verschwinden der Gefahr einer Fehlauflösung liegt zwischen  $\vartheta = 65^\circ$  und  $217^\circ$  und beträgt rd. 0,65 s.

Als weiteres Beispiel sei eine Reaktanzschutzrichtung gewählt, die an der Stelle 6<sub>1</sub> eingebaut ist. Anregerelais und Richtungsrelais sollen die gleichen sein wie bei dem oben behandelten Impedanzschutz an Stelle 6<sub>1</sub>, wobei das Richtungsrelais, wie schon erwähnt, umgekehrt gepolt ist. Das die Schnellstufe ausmessende Impedanzrelais mit einem Ansprechwert von 0,2 Z ist beim Reaktanzschutz ersetzt durch ein Reaktanzrelais mit einem Meßwert von 1/5 der induktiven Komponente von Z ( $0,2 Z \sin \varphi_K$ ).

Seine Ansprechlinie ist eine zur Ordinate parallele Gerade im Abstand des erwähnten Meßwertes links von der Ordinate. Für alle Widerstandsvektoren, deren Enden rechts von dieser Geraden liegen, gibt ein derartiges Reaktanzmeßglied die Auslösung frei. Für das Relais an der Stelle 6<sub>1</sub> heißt dies Freigabe zwischen  $\vartheta = 0^\circ$  und  $267^\circ$ , also für rd. 1,1 s. Eine Fehlauflösung kann allerdings nur zwischen  $\vartheta = 65^\circ$  und  $167^\circ$  erfolgen. Im Bereich  $0^\circ \dots 65^\circ$  geben zwar Richtungs- und Reaktanzmeßglied die Auslösung frei, das Anregerglied spricht aber nicht an. Im Bereich  $167^\circ \dots 272^\circ$  geben Anregerglied und Reaktanzglied frei, aber das Richtungsrelais sperrt. Würde man den Reaktanzschutz nicht an der Stelle 6<sub>1</sub> sondern an der Stelle 6<sub>2</sub> einbauen, dann würde die Ansprechlinie für das Reaktanzmeßglied nicht links sondern, wie gestrichelt eingezeichnet, rechts von der Ordinatenachse liegen und das Reaktanzmeßglied an Stelle 6<sub>2</sub> würde für alle Vektoren auslösen, deren Enden links von dieser gestrichelten Geraden liegen. Dazu würde dann wieder eine solche Polung des Richtungsrelais gehören, daß dieses bei allen Vektoren unterhalb der X-Achse freigibt.

Bild 4 zeigt, wie Richtungs- und Reaktanzmeßglied für die verschiedenen Einbaustellen gepolt sein müssen, und ver-

gleicht Impedanz- und Reaktanzschutz. Man erkennt die weitaus geringere Pendelempfindlichkeit des Impedanzschutzes. Der Impedanzschutz kann nur falsch auslösen, wenn der Endpunkt des dem betreffenden Relais vorgetäuschten Widerstandsvektors in den kleinen schraffierten Halbkreis fällt. Das ist aber nur möglich für Relais, die in der Nähe von Z eingebaut sind, und nur für Werte des Winkels  $\vartheta$  in der Nähe von  $180^\circ$ . Beim Reaktanzschutz erstreckt sich der Bereich räumlich auf alle Relais und (zeitlich) über große Teile der Pendelperiode (ebenfalls schraffiertes Gebiet). Die Möglichkeit von Fehlauflösungen ist hier im Verhältnis zum Impedanzschutz mehr durch die Anregerelais und die Richtungsrelais begrenzt und nur wenig durch das Verhalten der Reaktanzmeßglieder selbst. Deshalb ist die knappe Auslegung des Ansprechbereiches der Anregerelais bedeutsam. Der Impedanzschutz löst nur falsch aus, wenn die Kraftwerke gegeneinander durchlaufen. Beim Reaktanzschutz genügt schon eine vorübergehende Vergrößerung des Winkels  $\vartheta$  (z. B. durch einen Laststoß) auf einen Wert, bei dem die Anregerelais kurzzeitig ansprechen, um eine Fehlauflösung herbeizuführen.

Als nächstes Beispiel soll ein Richtungsvergleichschutz betrachtet werden, der von der Stelle 1<sub>a</sub> bis zur Stelle 4<sub>2</sub> reicht (Bild 3a). Die Richtungsrelais sind wieder in 0°-Schaltung angeschlossen. Die Anregerelais sind die gleichen wie beim Impedanzschutz. Das Richtungsrelais an der Stelle 1<sub>a</sub> gibt für Widerstandsvektoren im Gebiet oberhalb der X-Achse, das Richtungsrelais an der Stelle 4<sub>2</sub> unterhalb der X-Achse frei. Für eine Fehlauflösung ist Voraussetzung, daß außer den Anregerelais gleichzeitig beide Richtungsrelais freigeben. Das ist in dem Gebiet  $\vartheta = 193^\circ \dots 230^\circ$ , also für rd. 0,15 s der Fall. Die Zeit vom Beginn der Anregung bis zur Beseitigung der Auslösegefahr liegt zwischen  $\vartheta = 65^\circ$  und  $230^\circ$  mit rd. 0,70 s Dauer.

Bei den obigen Beispielen war angenommen, daß die Schutzeinrichtungen mit Impedanzanregung (Quotientenanregung) ausgerüstet sind, die einen vom Strom unabhängigen Ansprechwert haben. Die Ansprechennlinie ist der Kreis mit 0,8 Z als Radius in Bild 3b. Vielfach werden derartige Anregungen angewendet, bei denen die Ansprechimpedanz mit zunehmendem Strom sich nach einer den Betriebsbedingungen angepaßten Gesetzmäßigkeit verringert. Die Ansprechlinie ist dann ein im wesentlichen in der Richtung der Linie 5—5 ausgebauchter geschlossener Linienzug, der an Hand der tatsächlichen Ansprechennlinie unter Berücksichtigung des bei dem Pendelvorgang in Abhängigkeit vom Winkel  $\vartheta$  auftretenden Ausgleichsstromes konstruiert werden kann.

Der Ausgleichsstrom ist in Bild 3b in Abhängigkeit von  $\vartheta$  eingetragen. Verwendet man an Stelle der Quotientenanregung eine Überstromanregung, so besteht deren Ansprechlinie aus zwei Geraden parallel zu den Linien für gleichen Winkel  $\vartheta$ . Bei einem Ansprechwert von z. B. 60% des größten Pendelausgleichsstromes liegen diese Linien bei rd.  $72^\circ$  und rd.  $288^\circ$  (gestrichelt in Bild 3b).

Statt der oben angenommenen 0°-Schaltung für die Richtungsrelais verwendet man aus bekannten Gründen häufig eine 30°- oder 60°-Schaltung [2]. Während bei der 0°-Schaltung die Ansprechlinie für die Richtungsrelais die X-Achse ist, haben die Richtungsrelais mit 30°- oder 60°-Schaltung eine gegen die X-Achse um den gewählten Winkel geneigte Ansprechlinie. Die Linie für 30°-Schaltung ist gestrichelt in 3<sub>b</sub> eingezeichnet ( $\psi = 30^\circ$ ), die Linie für die 60°-Schaltung fällt in diesem Falle mit der Linie 5—5 zusammen, weil  $\varphi_K$  ebenfalls mit  $60^\circ$  angenommen ist. Das Gleiche gilt für Richtungsrelais in 0°-Schaltung, die eine innere Phasenverschiebung haben, also nicht auf den Wert  $E I \cos \varphi_K$ , sondern auf den Wert  $E I \cos (\varphi_K - \psi)$  ansprechen ( $\psi$ , die innere Phasenverschiebung, entspricht bei von 0° abweichender Schaltung dem für die Schaltung gewählten Winkel).

Charakteristisch sind die Fälle, in denen  $\varphi_K - \psi = 0^\circ$  oder  $90^\circ$  ist. Für  $\varphi_K - \psi = 0^\circ$  ist die Ansprechlinie die Linie 5—5 parallel zu den Linien gleicher Relaisinbaustel-

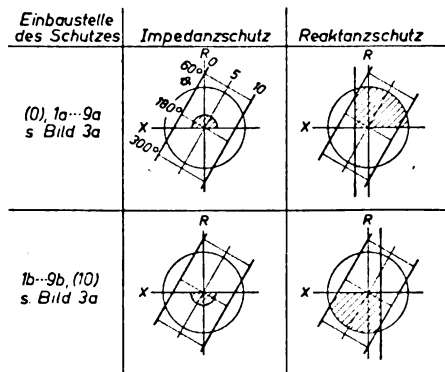


Bild 4. Gebiete der Fehlauflösungen (//////) bei Pendelungen (Richtungsrelais 0°-Schaltung).



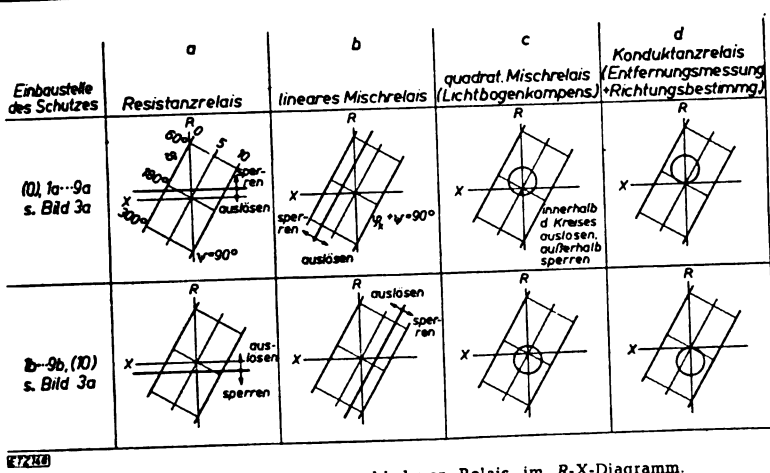


Bild 5. Ansprechlinien verschiedener Relais im R-X-Diagramm.

len. Die Ansprechlinie schneidet also diese Linie nicht, das bedeutet aber, daß die Richtungsrelais während der ganzen Pendelperiode den gleichen Ausschlagsinn beibehalten. Man kann in Bild 3b ablesen, daß die Relais an den Stellen  $0, 1_a \dots 4_a, 6_b \dots 9_b$  und  $10$  während der ganzen Pendelperiode die Auslösung freigeben. Die Relais bei  $5_a$  und  $5_b$  haben praktisch kein Drehmoment, die übrigen Relais sperren. Die Richtungsrelais verhalten sich also so, als ob während der ganzen Pendelperiode in der Mitte von Z ein Kurzschluß wäre. Der vorher erwähnte Richtungsvergleichsschutz von Stelle  $1_a \dots 4_b$  mit solchen Richtungsrelais  $\varphi_K - \psi = 0$  ausgerüstet, würde also theoretisch vollkommen pendelfest sein, weil zu keinem Zeitpunkt der Pendelung die beiden Richtungsrelais auf Auslösung stehen. In der Praxis wird man dabei prüfen müssen, ob die der Überlegung zugrunde gelegten Werte genügend genau den praktischen Verhältnissen entsprechen, vor allem, wenn wie hier der eine Endpunkt für den Richtungsvergleichsschutz sich sehr nahe bei dem Mittelpunkt von Z befindet. Würde sich nämlich dieser Schutz von der Stelle  $1_n$  bis zur Stelle  $6_b$  erstrecken, würde also die Mitte von Z in seinen Bereich mit hineinfallen, dann würden sogar für die ganze Pendeldauer beide Richtungsrelais die Auslösung freigeben. Für  $(\varphi_K - \psi) = 90^\circ$ , Ansprechlinie senkrecht zu Linie 5—5, ergibt sich aus Bild 3b, daß für die erste Hälfte der Pendelperiode, also bis  $\vartheta = 180^\circ$ , die Relais  $0$  und  $1_a \dots 9_a$  freigeben. Die übrigen Relais sperren. Ab  $\vartheta = 180^\circ$  ist es umgekehrt. Die Richtungsrelais verhalten sich so, als ob bis  $180^\circ$  ein Kurzschluß rechts von B liegen würde. Dieser Kurzschluß läuft dann bei  $\vartheta = 180^\circ$  gewissermaßen mit unendlicher Geschwindigkeit über die Leitung weg und liegt dann für Werte von  $\vartheta$  über  $180^\circ$  links von A. Für den Wert  $\varphi_K - \psi = 30^\circ$  (gestrichelt in Bild 3b) liegt der vorgetäuschte Kurzschlußpunkt zunächst rechts von B, läuft bei  $\vartheta = 60^\circ$  von B aus in die Strecke Z ein und erreicht mit sich vermindender Geschwindigkeit bei  $\vartheta = 180^\circ$  die Mitte von Z. Von hier nimmt die Geschwindigkeit des Kurzschlußpunktes wieder zu und er verläßt bei  $\vartheta = 300^\circ$  Z mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei B über A hinweg. Wird der Wert von  $(\varphi_K - \psi)$  negativ, dann läuft der Kurzschlußpunkt von A aus in die Strecke ein und verläßt sie über B, wobei man unter A immer das Kraftwerk mit der höheren Frequenz zu verstehen hat.

Die Reaktanzrelais messen den Wert  $E \cdot \sin \varphi_K / I$ . Man verwendet bisweilen auch Relais mit innerer Phasenverschiebung (lineare Mischrelais), die den Wert  $E \cdot \sin (\varphi_K + \psi) / I$  messen. [3]. Die Ansprechlinie dieser Relais im R-X-Diagramm ist eine Gerade, die nicht mehr parallel zur Ordinatenachse liegt, sondern mit dieser den Winkel  $\psi$  bildet. Wählt man den Winkel  $\psi$  zu  $90^\circ$ , so entsteht ein Resistanzrelais ( $E \cdot \cos \varphi_K / I$ ); seine Ansprechlinie liegt parallel zur X-Achse (Bild 5a). Wählt man den Wert  $\varphi_K + \psi = 90^\circ$ , so

liegt die Ansprechlinie parallel zur Linie 5—5 (Bild 5b).

Schließlich sind noch die Relais zu erwähnen, deren Ansprechlinie ein Kreis ist, wie beim Impedanzschutz, wobei aber der Mittelpunkt des Kreises nicht im Koordinatenanfang liegt [4]. Bild 5c zeigt die Ansprechlinie eines derartigen Relais. Verschiebt man den Mittelpunkt des Ansprechkreises aus dem Koordinatenursprung, wird die Impedanzmessung durch den Lichtbogenwiderstand weniger gefälscht (Lichtbogenkompensation). Das Relais hat also in dieser Hinsicht ähnliche Eigenschaften wie ein Reaktanzschutz, ohne aber dessen große Pendelempfindlichkeit aufzuweisen. Verschiebt man den Mittelpunkt so weit aus dem Koordinatenursprung, daß der Ansprechkreis durch den Koordinatenanfang geht, so erhält man ein Entfernungsmessrelais, welches gleichzeitig die

Funktion des Richtungsrelais mit übernehmen kann (Bild 5d). Nach den obigen Ausführungen macht es keine Schwierigkeit, auch das Verhalten der Relais (Bild 5a ... 5d) bei Pendelungen aus dem R-X-Diagramm abzulesen.

Die beschriebenen Diagramme sind alle für  $\varphi_K = 60^\circ$  gezeichnet. Sie können leicht für einen anderen Kurzschlußwinkel umgezeichnet werden. Auch kann man den Unterschied im Kurzschlußwinkel für den Kraftwerkswiderstand und die eigentliche Verbindungsleitung berücksichtigen. Die Linien für gleichen Winkel sind dann keine Geraden, sondern entsprechend geknickte Linien. Dabei wird es bei den verhältnismäßig langsamen Vorgängen vollauf genügen, für den Widerstand der Maschinen einen konstanten Wert, und zwar die Transientreaktanz einzusetzen.

Die Anwendung der Diagramme kann dadurch weiter verfeinert werden, daß man die individuellen Eigenschaften der angewendeten Relaiseinrichtungen, wie z. B. Halteverhältnis, Eigenzeiten usw., bei den abgelesenen Ergebnissen mit berücksichtigt.

### Zusammenfassung

Unter den im Vorstehenden gemachten vereinfachenden Voraussetzungen liegen im R-X-Diagramm die Endpunkte der Vektoren, die die Widerstände darstellen, welche bei Pendelungen von Kraftwerken zu den verschiedenen Zeitpunkten der Pendelperiode den an verschiedenen Stellen der Verbindungsleitung zwischen den Kraftwerken eingebauten Relais vorgetäuscht werden, in einer sich nach beiden Seiten ins Unendliche fortsetzenden, von Parallelen begrenzten Fläche. Die die Fläche begrenzenden Parallelen sind um den Kurzschlußwinkel  $\varphi_K$  der Kraftwerksverbindung gegen die reelle Achse geneigt; die Breite der Fläche entspricht der Impedanz der Kraftwerksverbindung. Die Fläche wird zum Ablesen der vorgetäuschten Widerstandsvektoren durch Linien für den gleichen Zeitpunkt der Pendelperiode und den gleichen Einbauort der Relais unterteilt. Wie an typischen Beispielen gezeigt wird, gestattet diese Darstellung der Vektoren, das Verhalten von Selektivschutzeinrichtungen bei Pendelungen bequem und übersichtlich abzulesen, wenn man die Ansprechlinien der einzelnen Meßsysteme der Selektivschutzeinrichtungen ebenfalls in das R-X-Diagramm einzeichnet.

### Schrifttum

- [1] R. Schimpf: ETZ 54 (1933) S. 1134.  
A. Timascheff: Wiss. Veröff. Siemenswerk., Bd. XIII, H. 2.  
H. Gutmann: Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 14.
- [2] M. Schleicher: Die moderne Selektivschutztechnik. S. 104 ff.
- [3] M. Schleicher: Die moderne Selektivschutztechnik. S. 117.
- [4] M. Schleicher: Die moderne Selektivschutztechnik. S. 118 ff.  
H. Neugebauer: ETZ 71 (1950) S. 389.

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.16

**Verbundnetze in den USA und in Westeuropa.** — Conrad Matschoß sagt in der „Geschichte der Dampfmaschine“, daß erst die Eisenbahn den deutschen Partikularismus überwunden habe. Vielleicht wird der Historiker der Zukunft feststellen, daß die Stromsammelschienen Europa geeint haben. Das jedenfalls ist offenbar auch die Meinung von Walter Cislser, dem Leiter der Energieabteilung der Economic Cooperation Administration (ECA.). Er gab im Oktober 1948 auf einer Tagung des Elektrizitäts-Ausschusses der OEEC. die Anregung, eine europäische Studienkommission nach den USA einzuladen, damit sie dort die bei der Verbundversorgung und der Lastverteilung entwickelten Systeme und die Erfahrungen studieren sollte. Von einem solchen Einblick in die amerikanischen Verhältnisse versprach er sich mit Recht eine Förderung der europäischen Stromverbundwirtschaft.

Im April und Mai 1949 reiste daraufhin eine Gruppe von 21 europäischen Stromversorgungsfachleuten nach den USA (als deutscher Teilnehmer J. Sihler †). Das Ergebnis ist in einem rd. 20 Druckseiten umfassenden Bericht niedergelegt<sup>1</sup>, an den sich auf etwa 20 Seiten ein Überblick über ly-knit<sup>2</sup>) Verbindungen mit örtlicher Steuerung. Diese letztgenannte führt in umfassender Tabelle, die durch Schema-skizzen erläutert ist, die an den Landesgrenzen gelegenen beiderseitigen Übergabestellen auf mit Angabe ihrer Spannungen, Übertragungs- und Transformatorenleistungen usw. Ein weiterer Anhang gibt einen Überblick über die Strom-ein- und -ausfuhren 1938, 48 und 49 in Europa.

Sind diese Zusammenstellungen sehr dankenswert, so bietet der Hauptbericht insbesondere eine Gegenüberstellung der beiden Typen, die die amerikanische Verbundversorgung entwickelt hat: der engverbundenen („closely-knit“) Systeme mit zentraler Steuerung und der lockeren („loosely-knit“) Verbindungen mit örtlicher Steuerung. Diese letztgenannte Form, die auch für den gegenwärtigen Zustand Europas typisch ist, wird an dem größten Verbundsystem der Welt, der South Atlantic and Central Areas Group, ausführlich beschrieben. Sie ist der Ausdehnung und der Höchstlast (1948: 19 Mio. kW) nach vergleichbar mit Westeuropa (27 Mio. kW). Der Leistungsaustausch spielt sich überwiegend zwischen benachbarten Versorgungsgebieten ab, nur 10 ... 15% der Leistungseinsparungen beruhen auf Aushilfsleistungen weiter entfernter EVU. Technisch beruht eine zuverlässige Lastverteilung auf automatischer Steuerung auf Grund vertraglich vereinbarter Leistungen, und zwar bewirkt jeder Frequenzabfall die erforderliche Änderung des Stromein- und -ausfuhrgleichgewichts. Dieses in der amerikanischen Literatur beschriebene, hier nicht näher behandelte Verfahren wird als unentbehrlich für das Funktionieren des Systems angesehen. Organisatorisch spielt sich die Zusammenarbeit reibungslos ab. Benachbarte Lastverteiler stehen in ständiger telephonischer Verbindung, die Vertreter aller Unternehmen der Gruppe treffen sich nur einmal im Jahr; von Zeit zu Zeit treten einzelne Fachausschüsse zusammen. Sie prüfen gemeinsam alle Erweiterungspläne usw., wodurch sich der Zusammenschluß weit über die eigentliche Lastverteilung hinaus nützlich auswirkt.

Als Beispiel für den entgegengesetzten Typ wird die Pennsylvania-New Jersey Interconnection beschrieben. Sie umfaßt eine Gruppe mit 4 bis 5 Mio. kW, die durch eine 334 km lange 220 kV-Sammelschiene mit einer Maximalübertragungsleistung von 250 MW je System verbunden ist. Die Zentrallastverteilung in Philadelphia sorgt dafür, daß jederzeit dasjenige EVU herangezogen wird, das am billigsten liefern kann. Um das zu ermöglichen, geben alle beteiligten Gesellschaften von Zeit zu Zeit ihre reinen Erzeugungskosten an, die für Strombezug und -verkauf gelten. Danach steuert der Zentralverteiler den Einsatz der einzelnen. Die dabei gemach-

ten Ersparnisse werden unter den aus- und einführenden Gesellschaften geteilt. Bei dieser Art zentraler Lastverteilung mit zentraler Frequenzregelung ist eine automatische Steuerung wie im erstbeschriebenen Fall nicht erforderlich.

Die Vorteile, die insbesondere in der Beschränkung der Reserven und der unfreiwilligen Stillstände liegen, werden abschließend ausgewertet unter Berücksichtigung des Umstandes, daß nicht alles ohne weiteres auf europäische Verhältnisse übertragen werden kann.

Die sehr lesenswerten, in leichtverständlichem Englisch geschriebenen Berichte sind vom Elektrizitäts-Ausschuß der OEEC. mit der Absicht gedruckt worden, sie in den europäischen Fachkreisen möglichst weit zu verbreiten. Dieser Wunsch kann nur mit Nachdruck unterstrichen werden — und mit dem Zusatz, daß die schönsten Committees und Berichte nichts zustande bringen, wenn nicht bald eine handgreifliche Stromversorgungsgemeinschaft auf kommerzieller Grundlage in Erscheinung tritt, die „Nägel mit Köpfen“ macht. Europa wartet darauf so dringend wie auf das positive Handeln einer europäischen Stahl- und Kohlegemeinschaft.

H. F. Mueller

DK 621.315.17.027.838 (485)

**Die schwedische 380 kV-Leitung Harsprånget — Hallsberg.** [Nach D. Zetterholm u. K. F. Frågårdh: Tekn. T. 80 (1950) S. 493; 12 S., 23 B.]

Im Frühjahr 1951 soll die erste für 380 kV erbaute Leitung Schwedens in Betrieb genommen werden. Diese mit Doppelseilen (Duplexleitern) ausgerüstete Leitung ist rd. 955 km lang und verbindet das am Lule-Fluß in Nordschweden gelegene Kraftwerk Harsprånget (rd. 300 MW) mit dem mittelschwedischen 200 kV-Netz. Die Übertragungsleistung beträgt im 1. Teil (Harsprånget—Midskog) 300 MW und nach zusätzlicher Einspeisung in Midskog, einer Umspannstation etwa in der Mitte der Gesamtlänge, rd. 400 MW. Insgesamt rechnet man mit sechs solchen Leitungen, um die noch nicht ausgebaute Wasserkraft Nordschweden nach Mittel- und Südschweden übertragen zu können. Die Leitung wird infolge Lieferschwierigkeiten für Transformatoren u. a. zunächst mit 200 kV in Betrieb genommen. Erst im Frühjahr 1952 ist die Umschaltung auf 380 kV vorgesehen.

Der mittlere Abstand der Leitungsmaste beträgt 319 m, der größte 555 m. Die Seilspannung wurde zu 6 kg/mm<sup>2</sup> bei 0 °C und Eigengewicht gewählt. Dieser Wert wird von den durch Schwingungen hervorgerufenen zusätzlichen Beanspruchungen begrenzt und stützt sich auf Erfahrungen in schwedischen, englischen und amerikanischen Netzen unter Beachtung der jeweiligen Mitteltemperatur des betreffenden Landes. Die beiden Doppelseile liegen in einer Ebene und haben einen Abstand von 45 cm. Der Phasenabstand selbst beträgt 12 m. Jedes Seil besitzt einen Querschnitt von 592 mm<sup>2</sup> (522 mm<sup>2</sup> Al + 70 mm<sup>2</sup> St). Der gewählte Seilabstand wird der Forderung nach niedriger Reaktanz und hoher Koronaspaltung am besten gerecht.

Die Doppelseile (Bild 1) verursachen gegenüber einem Einzelseil von beispielsweise 908 mm<sup>2</sup> Mehrkosten für Fundamente, Maste, Leitungsmaterial, Hängeketten usw. von rd. 20%. Da sich das Übertragungsvermögen jedoch um 30% erhöht, ist dieser Mehraufwand gerechtfertigt. Zwischen den Doppelseilen sind in einem Abstand von etwa 130 m Abstandhalter angebracht, um das Zusammenschlagen der Seile bei Wind oder Kurzschluß zu verhindern. Die Halter bestehen aus Silumin und Stahl und gestatten Verschiebungen der Seile in der Längsrichtung. Die Seile werden von Klemmen normaler Ausführung aus geschmiedetem Stahl gehalten, welche keine erwähnenswerten Neuerungen aufweisen. Zum Schutze gegen Schwingungen dienen seitlich angebrachte

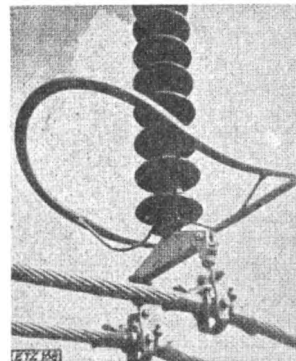


Bild 1. Hängekette für Doppelseile.

<sup>1</sup> „Interconnected Power Systems in the USA and Western Europe“, Bericht der „Ticaid Mission“ und des „Electricity Committee“ der OEEC. (Organisation for European Economic Cooperation), Paris 1950. Auch in französischer Sprache erschienen unter dem Titel „Structure des Interconnections aux Etats Unis et en Europe“ bei der „Organisation Europeenne de Cooperation Economique“.

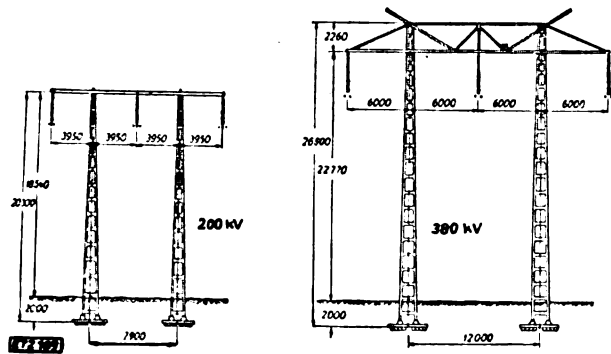


Bild 2. Portalmaste für 200 und 380 kV.

Dämpfer. Außerdem sind die Seile im Bereich der Hängeklemme durch zusätzliche Al-Wirkungen verstärkt. Die Hängeketten sind 17teilig.

Die meisten Ketten bestehen aus Porzellanisolatoren mit einer Bruchfestigkeit von 10 t bei einer Arbeitslast von 4 t. In Hängeketten mit großer Vertikallast werden erstmalig Glasisolatoren mit gehärteten Kapfen verwendet. Da die Bruchfestigkeit dieser Isolatoren bedeutend größer ist, darf die Arbeitslast hierbei bis zu 5,5 t betragen. Auch in Abspann- und Verdrehungsmasten werden Glasisolatoren verwendet, und zwar in 3fach-Hängeketten mit geschweißtem Joch. Die Glasisolatoren sind ein Versuch, der durch die erzielten Ersparnisse als gerechtfertigt angesehen wird. Die Linie erhält 2 Erdseile mit je 70 mm<sup>2</sup> Querschnitt und einem Schutzwinkel von 24°. Mit Rücksicht auf die schwierigen Erdungsverhältnisse wird jeder Mast individuell geerdet. Der Erdungswiderstand wurde auf 25 ... 30 Ω begrenzt. Bild 2 zeigt die Stahlmaste im Vergleich zu 200 kV-Masten. Diese Bauform hat in Schweden bei Einzelleitungen in bezug auf ästhetisches Aussehen, Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit am besten befriedigt und wurde daher auch für 380 kV angewandt. Da der Bau einer solchen Linie in der Hauptsache ein Transportproblem ist, wurden zur Verringerung des Gewichtes geschweißte Maste gewählt und die Materialstärke so niedrig wie möglich gehalten. Sämtliche Maste werden auf Holzschwellen fundiert. Derartige Fundamente haben sich gut bewährt, sind leicht im Gewicht und daher auch leicht zu transportieren. Als Profile wurden Winkeleisen der Qualität St. 52 und als Querverbindungen gedrückte Bleche der Qualität St. 44 (4,25 mm stark) verwendet. Die Mastlänge wechselt zwischen 19,1 und 30,3 m und ist 3fach unterteilt, wobei eine Unterteilung für Montagezwecke kurz oberhalb des Erdbodens liegt. Sämtliche Berechnungsgrundlagen der Maste, wie Winddruck, Seilbruch usw. wurden durch Versuch nachgeprüft, teilweise im Windtunnel. Die Bruchbelastungen stimmten gut mit den errechneten Werten überein. Der Werkstoff der etwa 3000 Maste wurde größtenteils in Schweden hergestellt, ebenso die Maste selbst. Die Schweißungen wurden durch Stichproben röntgenphotographisch geprüft. Als Rostschutz dient Warmverzinkung, außerdem ist der unter der Erdoberfläche befindliche Teil der Maste mit 0,5 mm starkem Zinkblech umgeben.

Sämtliche Arbeiten wurden in noch stärkerem Maße als bisher mechanisiert. Für das Schichten der Fundamentgruben, Einsetzen der vorher auf dem Erdboden fertiggestellten Schwellenfundamente, Wiederauffüllen der Fundamentgruben, Aufrichten der Maste, Spannen der Seile usw. wurde ein umfangreicher Maschinenpark im Wert von etwa 5 Mio. skr. beschafft, bestehend aus u. a. 14 Schachtmaschinen, 60 Traktoren (mit und ohne Hebezeug, Winde oder Schachtblatt) 100 Lkw, Schneepflügen, Amphibienwagen. Zur ständigen Überwachung dieses Maschinenparks sind 4 auf geländegängigen Lkw montierte Reparaturwerkstätten mit allen erforderlichen Schweißgeräten, Werkzeugen, Ersatzteilen usw. vorhanden. Die Gesamtstärke der in 12 Gruppen unterteilten Belegschaft des Linienbaues beträgt max. 700 Mann. Jede Arbeitsgruppe hat eine Strecke von 80 ... 90 km fertigzustellen, alle Gruppen arbeiten gleichzeitig an ihrem Abschnitt. Nur so war es möglich, die Bauzeit auf 4 Jahre zu begrenzen. Für je 4 Belegschaftsmitglieder steht ein Wohnraum mit Wasch- und Trockenraum, Duschaum und angebaumtem Saunabad zur Verfügung.

Bei der Planung der Leitung galt es, auf Erzvorkommen, Seen, Siedlungen, Flugplätze, Telefon- und Kraftleitungen,

Boden- und Waldbeschaffenheit, vorzeitliche Erinnerungsstätten, Zufahrtswege, Reparaturmöglichkeiten und vieles andere Rücksicht zu nehmen. Diese Arbeiten begannen im Winter 1946/47 und man rechnet damit, die Leitung kurz vor der Fertigstellung des Kraftwerkes Harsprånget Anfang 1951 betriebsklar zu haben. Insgesamt ist ein Transportgewicht von 75 000 t, hiervon 25 000 t Stahl, sowie eine monatliche Fahrstrecke von 300 000 km zu bewältigen. Die Kosten der Leitung betragen rd. 100 000 skr. je km oder 95 Mio. skr. für die Gesamtstrecke. Hiervon entfallen 60% auf Material, 8% auf Transport, 14% auf Arbeit, 6% auf Schadenersatz und 14% auf Regiekosten. Kre

DK 621.316.933 : 621.314.21

**Schutzwirkung von Überspannungsableitern bei Umspannern.** [Nach V. J. Vogel: Electr. Engng. 69 (1950) S. 453; 3 S., 3 B.]

Als Ergebnis von Stoßspannungsversuchen wird an Hand von Kathodenstrahl-Oszillogrammen gezeigt, welche Überspannungen an einem Umspanner beim Einbau eines Überspannungsableiters in verschiedener Entfernung vom Umspanner vorkommen können. Die Arbeit ist nicht erschöpfend und bringt nur einige Beispiele. Die übliche Darstellung der Schutzwirkung eines Überspannungsableiters durch seine Stoßkennlinie gibt nach Ansicht des Verfassers nicht immer ein zutreffendes Bild der möglichen Beanspruchung eines zu schützenden Umspanners. An Stelle einer mittleren Stoßkennlinie sollte man besser die obersten Grenzwerte für die Spannungsabsenkung eines Ableiters angeben und sollte dabei nicht nur die genormte Stoßspannungswelle, sondern auch eine Stoßstromwelle benutzen, die den schwersten bei Gewitter vorkommenden Bedingungen entspricht.

In einem Versuchsaufbau, bei dem an der Stoßanlage die Durchführung mit einigen Spulen eines 34,5 kV-Umspanners und eine Schutzfunkenstrecke mit 23 mm Schlagweite lagen, wurde zusätzlich ein Ventilableiter für 37 kV, wie er für den Schutz von Umspannern in Netzausläufern verwendet wird, einmal rd. 8 m und einmal rd. 16 m vom Umspanner entfernt angeordnet. Das Ergebnis zeigen die Oszillogramme des Bildes 3. An der Umspannernachbildung sind bei diesen Versuchen keine Überschläge oder Schäden aufgetreten. Wenn der Ableiter nicht unmittelbar am zu schützenden Umspanner, sondern in einiger Entfernung davon angeordnet ist, entstehen, wie die Oszillogramme c und e zei-

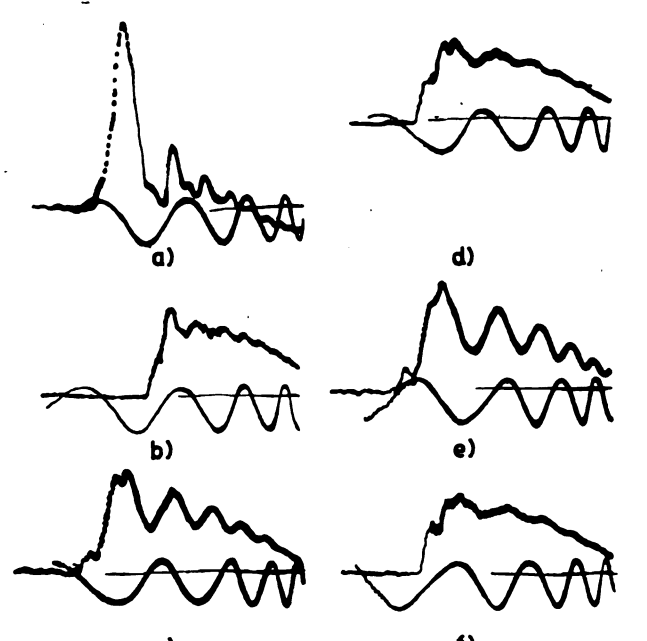


Bild 3. Kathodenstrahl-Oszillogramme von Stoßspannungsversuchen mit 37 kV-Ableitern an 34,5 kV-Umspannern.

Spgs.-Spitze betrug	kV
a) beim Überschlag d. Schutzf.-Strecke (ohne Ableiter)	536
b) bei geschlossenem Ableiter	262
c) am Umspanner bei 7,6 m entferntem Ableiter	310
d) am Ableiter, 7,6 m v. Umspanner entfernt	246
e) am Umspanner bei 15,2 m entferntem Ableiter	326
f) am Ableiter, 15,2 m v. Umspanner entfernt	325

(Steilheit rd. 2200 kV/μs)

gen, am Umspanner hochfrequente Schwingungen mit steilem Spannungsanstieg. Einer solchen Beanspruchung muß die Umspannerwicklung gewachsen sein. (Wenn auch diese Versuche nichts grundsätzlich Neues enthalten und keine erschöpfende Behandlung der vorliegenden Probleme darstellen, so zeigen sie doch, wie wesentlich es ist, Überspannungsableiter möglichst nahe bei den zu schützenden Geräten anzuordnen, wenn man nicht in ausgedehnten Schaltanlagen den Grundsatz durchführen kann, die von der Freileitung her ankommenden Überspannungswellen möglichst schon vor ihrem Eintreten in die Schaltanlage durch Ableiter abzusenken.)  
Gd

DK 621.314.214

**Ringkern-Regeltransformator.** — Zur Spannungs- und Stromregelung werden in Wechselstromkreisen überwiegend Stufentransformatoren verwendet, die mit Stufenschaltern einzelne Wicklungsabschnitte schalten. Um Wicklungskurzschlüsse, damit Festbrennen der Schalter und Ausbrennen des Wicklungsabschnittes zu vermeiden, müssen die Schalter mit Leerkontakten versehen werden, so daß beim Weiterschalten auf andere Stellungen bei jeder Stufe Stromunterbrechungen auftreten, die sich außerordentlich unangenehm auswirken können. Spezialschalter, die dies verhindern oder nur abschwächen, sind wesentlich teurer und umfangreicher.

Die zweite Möglichkeit ist, einem Transformator mit festem Übersetzungsverhältnis, der den Verbraucher speist, einen stufenlos regelbaren Transformator, z. B. Ringkern-Regeltransformator vorzuschalten, der die Primärspannung des Festtransformators und damit auch die des Verbrauchers stufenlos verändert. Diese Lösung ist technisch einwandfrei, erfordert aber den zusätzlichen Aufwand des Ringkern-Regeltransformators.

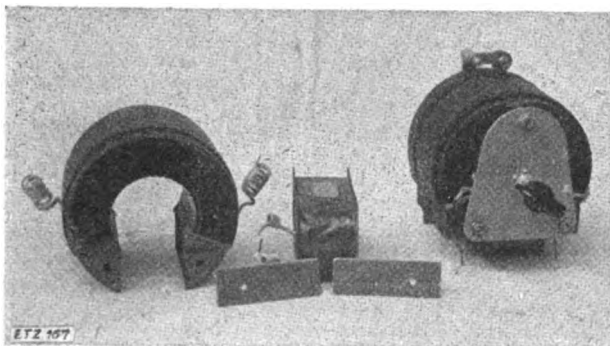


Bild 4. Bauteile für den Ringkern-Regeltransformator.

In einem neuen Regeltransformator<sup>1</sup> (Bild 4) sind beide Möglichkeiten in einem Transformator vereinigt. Ein besonders ausgebildeter Eisenkern nimmt auf seinem einen Teil die Primärwicklung als Festwicklung auf, die allen vorkommenden Spannungen angepaßt werden kann. Der Restteil des Kerns ist ringförmig und trägt die Sekundärwicklung, die über Spezialrollenkontakte mit Handradbetätigung abgegriffen wird. Durch diese Ausbildung des Kerns ist es möglich, kleinste Transformatorenleistungen bis herunter zu 20 W auszuführen.

Die höchsterreichbare Sekundärspannung (Tafel 1) ist von der Kernleistung abhängig (Abmessungen der Ringwicklung).

Tafel 1.

Leistung, W	20	50	100	200	500	1000	2500	5000
Max. Sek.-Spannung, V	50	70	150	220	300	<300	<300	<300

Bei Sonderanforderung sind die angegebenen Werte bis zu 100% überschreitbar.

In einer Variante wird die Ringwicklung als Primärwicklung für alle vorkommenden Netzspannungen, damit also auch alle auftretenden Unter- und Überspannungen verwendet. Die feste Sekundärwicklung trägt dann alle notwendigen Wicklungen, wie z. B. Anoden- und Heizwicklungen für Gleichrichterstufen, Heizwicklung für Verstärkerröhren u. ä.

<sup>1</sup> Hersteller: Elektrotechnische Werkstätten Ing. J. Schwarz — W. Combes, Pöttmes/Obb. (DRP a., DRGM a.).

mi., so daß es mit dem Transformator möglich ist, z. B. in Verstärkeranlagen mehrere Verbraucherspannungen unabhängig von den Netzspannungsschwankungen konstant zu halten. Durch die Konstruktion bedingt, können auch statt des üblichen einfachen Stromabnehmers deren zwei aufgebaut werden, so daß also durch Doppeldrehknopf 2 Stromkreise unabhängig voneinander geregelt werden können.  
Fi

Meß- u. Regeltechnik

DK 621.385.13.004.7

**Messung des Spannungsabfalls in Gasentladungsröhren mit Glühkathode.** [Nach E. K. Smith: Electr. Engng. 69 (1950) S. 419; 4 S., 6 B.]

Bei vielen Gasentladungsröhren mit Glühkathode steigt der Spannungsabfall während der letzten Zeit ihrer Lebensdauer (unter Betriebsbedingungen) plötzlich steil an. Der Verfasser untersucht kritisch die verschiedenen Methoden, dieses Ansteigen des Spannungsabfalls während des normalen Betriebes und im Laboratorium zu messen, in der Hoffnung, aus diesen Messungen Schlüsse ziehen zu können über den Zeitpunkt, zu welchem die Röhren durch neue ersetzt werden müssen, um ein plötzliches Ausfallen während des Betriebes zu vermeiden, da dies bei vielen industriellen Prozessen zu kostspieligen Betriebsunterbrechungen führen kann. Der Wunsch nach einem Kriterium für den richtigen Zeitpunkt zum Auswechseln der Röhren ist verständlich, da die Statistik gezeigt hat, daß nach einer Anzahl langlebiger Röhren immer wieder eine Anzahl kurzlebiger folgt.

Der Verfasser kommt nach einer eingehenden kritischen Besprechung der verschiedenen Meßmethoden zu dem Schluß, daß der Kathodenstrahloszillograph das geeignetste Gerät zu sein scheint.

Bild 5 zeigt während je einer Halbwelle aufgenommene Kurven. Während die Kurve A den normalen Verlauf des Spannungsabfalls während einer Halbwelle wiedergibt, läßt die Kurve B deutlich erkennen, daß sich auf der Kathode ein Brennfleck gebildet hat. Das bedeutet, daß ein Teil der Kathode plötzlich eine höhere Emission bekommen hat und daß er diese behalten hat bis zum Ablauf der Periode. Mit der Bildung dieses, durch das Ansteigen des Ionenbombardements verursachten Brennflecks ist jedoch ein Verlust an Kathodenmaterial verbunden. Dieser Vorgang wird „Spratzen“ (sputtering) genannt. Das Spratzen tritt bei sonst gleichen Bedingungen nicht bei einem bestimmten Strom oder einer bestimmten Spannung auf, sondern eher als Funktion des Produktes von beiden. Aber auch hier zeigt sich eine große Streuung, wenn man verschiedene Kathodentypen betrachtet.

Der Verfasser kommt zu dem Schluß, daß die Lebensdauer einer Röhre in einer so komplizierten Weise von den Betriebsbedingungen, deren einzelnen Etappen und von vor-

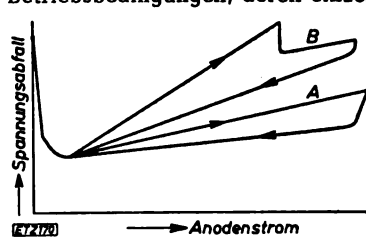


Bild 5. Typische Charakteristik des Spannungsabfalls als Funktion des Stromes bei einer Gasentladungsröhre, mit Halbwellenimpulsen aufgenommen.

übergehenden Überlastungen abhängt, daß eine unausführbar große Zahl von Lebensdauer-versuchen nötig wäre, um allgemein gültige Regeln aufzustellen, mit deren Hilfe das Ende der Lebensdauer vorausbestimmt werden könnte. Die Richtigkeit dieser Auffassung wird an Hand einiger Tabellen und Kurven glaubhaft gemacht, die den Spannungsabfall während der Lebensdauer zeigen. Besonders überzeugend wirkt der Versuch mit einem Zweiweg-Gleichrichter, dessen beide Kathoden unter ganz gleichen Bedingungen und nach anfänglich gleichem Verhalten nach 3000 h einen ganz verschiedenen Verlauf der Kurven zeigen, ohne daß dabei die Lebensdauer der beiden Kathoden verschieden ist. Der Verfasser meint trotz der Verschiedenheit der Ergebnisse abschließend, daß die Tatsache, daß der Spannungsabfall bei Röhren gleicher Herkunft unter gleichen Bedingungen kurz vor Ablauf der Lebensdauer meistens ansteigt, doch vielleicht einen gewissen Anhaltspunkt für den Zeitpunkt zum Auswechseln der Röhre geben könnte, wenn genügend praktische Erfahrungen vorlägen.

DK 621.317.331 : 621.315.34

**Messung des Wirkwiderstandes von Drehstromleitungen.** [Nach L. W. Matsch, N. C. Basu u. G. R. Horcher: Electr. Engng. 69 (1950) S. 443; 1 S., 1 B., 1 Taf.]

Bei der Messung des Wirkwiderstandes der drei gleichen Leiter einer Drehstromleitung ergaben sich Unterschiede in den einzelnen Widerstandswerten, wobei als wahrer Wert bisher der Mittelwert aus den drei Einzelmessungen genommen wurde. Die Abweichungen in den Meßergebnissen sind auf unsymmetrische Abstände der drei Leiter zurückzuführen, durch die die Induktivität und somit auch der Wirkwiderstand verändert wird. Diese Fehler können eliminiert werden, indem der Widerstand der einzelnen Leiter einmal bei der ursprünglichen Phasenfolge (z. B. A, B, C), darauf mit entgegengesetzter Phasenfolge (z. B. A, C, B) gemessen wird; der genaue Widerstandswert jeder Leitung wird aus dem Mittelwert der beiden Meßergebnisse bestimmt. Es werden einige Meßergebnisse bei verschiedenen Leiterabständen mitgeteilt; als Leiter wurden Kupferrohre verwendet (Länge 9144 mm, Außendurchmesser 13,72 mm, Innendurchmesser 9,52 mm).

WD

DK 621.317.39 : 531.753

**Elektrisches Wiegen.** [Nach H. I. Andrews: Proc. Instn. electr. Engrs. 97 (1950) S. 98; 12 S., 14 B.]

Schwierigkeiten in der Anwendung mechanischer Gewichtsmessung ergeben sich bei bewegten Teilen, wie Fahrzeugen. 1939 wurden elektrische Dehnungsmesser entwickelt, die aus der Widerstandsänderung eines gedehnten Drahtes auf die Kraftänderung schließen. Grundsätzlich erlaubt diese Art der Druck- oder Zugkraftmessung auch eine Gewichtbestimmung; auf diese Weise wurde im Kriege in Flugzeugen der Brennstoffvorrat in den Behältern gemessen, die auf derartigen Meßgliedern gelagert waren.

Von 1942 ab wurden in England zur Überprüfung von Eisenbahnen und Lokomotiven Meßglieder auf der gleichen Grundlage für die Anforderungen rauhen Betriebes entwickelt. Man ging von der ursprünglichen Anordnung ab und schuf Meßstäbe aus besonderen Legierungen mit Meßspulen, die höhere Spannungen liefern. Für die Wicklung erwies sich Konstantandraht von 0,025 mm Dmr. mit Lackisolierung und Seidenbespinnung als besonders geeignet; man erhält Spannungsänderungen bis zu 0,25 V bei einem Meßstrom von etwa 0,006 A. Auf dieser Grundlage wurden Druckmesser bis zu 45 t Meßbereich entwickelt, die sich seit mehreren Jahren bewährt haben. Die kleinen Meßspannungen werden mit Doppelmeßbrücken über mehrstufige Verstärker ausgewertet. Störende mechanische Schwingungen bei Messungen an Fahrzeugen müssen je nach der Störfrequenz ausgeschlossen werden. Bei Landfahrzeugen haben sich zum Ausgleich Widerstands-Kapazitätsglieder mit geeigneter Zeitkonstante bewährt. Die Druckmesser für größere Lasten enthalten mehrere Spulen, die je nach dem Verwendungszweck gehalten werden. Schließlich gelang es durch eine besondere Meßanordnung, den Rostdruck von Lokomotiven zu messen und dadurch den unverbrannten Kohlenanteil auf dem Rost zu erfassen. Damit ist erwiesen, daß man Gewichte an bewegten Teilen elektrisch auch unter schwierigen Umständen bestimmen kann. (Im Meinungsaustausch wird auf die früheren Erfahrungen mit den Meßwagen der Deutschen Reichsbahn und auf piezoelektrische Meßeinrichtungen hingewiesen.)

ts

DK 621.3.077.64/65 : 621.944

**Röhrensteuerung für Walzwerksantrieb.** [Nach Electr. Tms. 117 (1950) S. 699; 3 S., 4 B.]

In einem kurzen Referat, aus dem leider die Einzelheiten, die den Ingenieur zur Beurteilung des Aufwandes interessieren würden, nicht ersichtlich sind, wird der Vorteil dargestellt, den die Röhrensteuerung des Walzwerksantriebes für eine wesentliche Verkleinerung der Blechdicke bei gleichzeitiger Konstanz der Dicke bietet. Dies wird ermöglicht durch eine genaue Steuerung der Beschleunigung beim Anfahren und der Geschwindigkeitskonstanz. Vermerkt sei hier, daß man sich in England 1940 (!) entschloß, diese Röhrensteuerung für den Leonard-Antrieb eines Blechwalzwerkes einzuführen, und daß sie sich während dieser ganzen Zeit bewährt hat.

Kb

## Elektrowärme

DK 621.365.9 : 621.791

**Das Induktionslötverfahren.** [Nach G. W. Seulen: Z. VDI 92 (1950) S. 337; 4 S., 9 B.]

Beim Hartlöten, sei es im Tauchlötverfahren, im Muffelofen oder mit Ober- und Unterbrennern, erweisen sich die langen Erwärmungszeiten für das Gefüge des zu lötenen Werkstoffes oft als sehr ungünstig. Selbst beim Löten mit Brennern kommen noch Erwärmungszeiten von 1 ... 1,5 min in Betracht, innerhalb derer sich das Gefüge schon ändern kann. Mit dem Induktionslötverfahren läßt sich die Erwärmungszeit weiter verkürzen. Da es sich beim Löten um eine vollständige Erwärmung des Gutes an der Lötstelle handelt, werden verhältnismäßig geringe Frequenzen angewandt. Bei Außendurchmessern der Lötstellen von 15 mm und mehr sind Mittelfrequenzen das Gegebene, die in Maschinenumformern erzeugt werden können. Bei Lötungen an Fahrradrahmen, -gabeln, -lenkern und -naben kommen z. B. 3 ... 6 kHz in Betracht. Die Temperaturverteilung über den Querschnitt des Werkstückes ist verhältnismäßig gleichförmig, da Hautwärmerscheinungen noch keinen Einfluß haben. Die Zeit für das Löten geht etwa auf 15 s zurück. Durch besondere Ausgestaltung der Lötgeräte, die sich dem zu lötenen Werkstoff anpassen müssen, durch die Möglichkeit gleichzeitiger Kühlung des Werkstückes unmittelbar neben der Lötstelle wird die Erwärmung auf die eigentliche Lötstelle beschränkt und das Gefüge geschont. Durch automatische Steuerung der Lötvorgänge kann die Wirtschaftlichkeit des Lötens sehr gesteigert werden. Der Verfasser gibt für das Löten der Verbindungsstellen bei Fahrradrahmen am Steuerkopf, am Tretlager, an der Sattelmuffe und an der Hinterradgabel eine Gesamtzeit von 1,2 min an. Das ist etwa die gleiche Zeit, die bei dem sonst schnellsten Verfahren, dem Löten mit Brennern, für eine einzige Lötstelle erforderlich ist. Dabei kann ein Bedienungsmann gleichzeitig zwei Lötstellen betreiben. HM

DK 621.365.453

**Lebensdauerprüfung von Kochplatten.** [Nach W. Winkelmann: Elektrotechn. Bln. 28 (1950) S. 203; 2 S., 3 B.]

Für die Lebensdauerprüfung von Kochplatten bestehen bisher zwei Wege zur Abkürzung der Versuchsdauer. Entweder betreibt man den Prüfling mit erhöhter Oberflächentemperatur oder mit erhöhter Heizleistung, aber konstant gehaltener Oberflächentemperatur, wobei in beiden Fällen durch ständiges, genau festgelegtes Ein- und Ausschalten entsprechend den Heizleiterprüfungen die Werkstoffe in intermittierendem Betrieb beansprucht werden. Die „British Standard Methods of testing electric boilingplates for domestic purposes (BSS 744 — 1937)“ prüfen die Lebensdauer mit erhöhter Oberflächentemperatur der Kochplatte. Die KEMA, Holland, arbeitet in ihren Laboratorien mit dem 1,56fachen der normalen Leistung, entsprechend 1,25facher Betriebsspannung. Als „Gut“ wird ein zylindrischer Eisenblock mit eingebauter Wasserkühlung verwandt. Der Zylinder ist so bemessen, daß die Kochplatte nach einstündiger Aufheizung eine Oberflächentemperatur von 250 °C erreicht hat. Durch die Wasserkühlung wird dann im Anschluß an die einstündige Aufheizzeit in einer einstündigen Abkühlperiode die Kochplatten-Oberfläche auf Raumtemperatur gebracht. Zu Beginn der Abkühlperiode tritt das Kühlwasser als Dampf aus dem Eisenblock und erfüllt den Raum mit einem dem Kochdunst ähnlichen Nebel. Mit länger andauernder Kühlzeit tritt an Stelle des Dampfes Wasser aus. 400 Wechsel, d. s. 800 Betriebsstunden, werden von einer Kochplatte als versuchsmäßige Lebensdauer gefordert. Die Anlage der KEMA erlaubt, gleichzeitig 9 Kochplatten in Gruppen zu je 3 Stücken zu prüfen. Durch Signaleinrichtungen kann die Prüfung weitgehend automatisiert werden. HM

## Verkehrstechnik

DK 621.332 : 621.316.9

**Abschalten kleiner und entfernt liegender Kurzschlüsse in Bahnanlagen.** [Nach P. Branchu: Rev. gén. Electr. 58 (1949) S. 103 u. 59 (1950) S. 70, zus. 10 S., 14 B.]

Die Überstromschalter von Fahrleitungsabschnitten sind zumeist so hoch eingestellt, daß sie auf stehengebliebene Kurzschlüsse mit hohem Übergangswiderstand oder wegen des Spannungsverlustes bei großen Entfernungen der Schadensstelle nicht ansprechen, weil der eingestellte Grenzstrom noch nicht erreicht wird. Solche „milden“ Kurzschlüsse an Lei-



tungen oder auf Fahrzeugen können demnach unbemerkt längere Zeit fortbestehen. Erwärmung und dauernde Entfestigung von Fahrleitung oder Bauteilen sind die Folge.

P. Branchu schlägt daher zur Feststellung derartiger Überströme den Einbau eines Stabstromwandlers an der Speisestelle des Streckenabschnittes vor. Bei einer plötzlichen Stromsteigerung im Abschnitt wird in der Sekundärwicklung eine rasch ansteigende, dann langsam abklingende Spannung (etwa 40 bzw. 200 ms Dauer) hervorgerufen, die über eine Reihe von Relais den Überstromschalter auch dann schon bedingt auslöst, wenn der Grenzstrom noch nicht erreicht sein sollte. Die Anordnung spricht also auf einen Absolutbetrag der Stromsteigerung an der Speisestelle unabhängig von der vorher bereits bestehenden Last an. Doch spricht sie erst an bei einer Stromsteigerung, die knapp über derjenigen liegt, die beispielsweise der gleichzeitigen Anfahrt zweier Lokomotiven entspricht. Außerdem ist durch ein Verzögerungsrelais dafür Sorge getragen, daß bei „flüchtigen“ Erd- oder Kurzschlüssen nicht abgeschaltet wird. Polarisierte Relais verhindern zudem ein Ansprechen bei Stromverminderungen.

Der Luftspalt des „Stromwandlers“ ist den Erfordernissen des Betriebsabschnitts entsprechend einstellbar. Die Anordnung ist in ihrer einfachsten wie auch in ihrer höher entwickelten Form bei den französischen Vollbahnen, dem Pariser Métro sowie den Vorortbahnen und Obuslinien im Pariser Weichbild erprobt worden. Meßwerte aus Versuchsreihen sind wiedergegeben. Der Verfasser behauptet, daß eine gleichartige Einrichtung auch bei Wechselstrombahnen angewendet werden könne, wenn Gleichrichter eingebaut würden.

Hom

DK 621.332 : 621.316.11.001.5

**Elektrische Gleichstrom-Rechentafel (Netzmodell) der Französischen Staatsbahnen.** [Nach M. Bernard: Rev. gén. des Chem.-de-Fer 69 (1950) S. 119.]

Die Französischen Staatsbahnen benutzen für das Studium der Stromversorgungsanlagen (Unterwerke und Fahrleitungen) eine Gleichstrom-Rechentafel an Stelle analytischer oder graphischer Methoden. Der Apparat ahmt unter Anwendung der Gesetze von Ohm und Kirchhoff die zu untersuchenden Stromverteilungsanlagen mit mehreren Speisepunkten und Verbrauchern nach. Das System der Ersatzwiderstände wird mit Gleichstrom von 20 V gespeist. Bei dieser Spannung liegen die abzubildenden Streckenwiderstände in der Größenordnung von einigen zehn oder hundert Ohm, so daß die Widerstände der Kontakte und der Verbindungsleitungen vernachlässigt werden können. Da in dem System nur Ströme von einigen hundert Milliampere fließen, erwärmen sich die Widerstände kaum und ändern sich während des Gebrauches nur wenig.

Der Apparat ähnelt einer Telefonhandvermittlung. Hinter einer senkrechten Tafel sind 28 Widerstände in 6 Gruppen angeordnet, welche die Fahrleitungen nachbilden. Die Widerstände haben 20, oder 400  $\Omega$  und bestehen aus Einheiten von je 2 oder 4  $\Omega$ , die durch Steckbuchsen abgegriffen werden können.

Die Unterwerke und Züge werden von Widerständen dargestellt, die auf einem waagerechten Pult vor der senkrechten Wand angeordnet sind. Davor liegen 4 Spannungsmesser und 10 Strommesser mit mehreren Meßbereichen, aber gleichbleibendem Eigenwiderstand. Die Anlage erhält ihre Spannung aus einer Batterie von 12 Nickel-Kadmium-Elementen, die von einem Röhrengleichrichter aus dem 125 V-Netz gespeist werden. Die für einen bestimmten Rechenvorgang erforderliche Spannung wird an einem Potentiometer von 400  $\Omega$  eingestellt, von dem der eine Pol zu der Sammelschiene der Unterwerke führt. An der Sammelschiene des anderen Poles sind die Einstellwiderstände angeschlossen, die als Modell der Verbraucher dienen.

Seit 1947 haben die SNCF mit dieser Anlage mehrere bedeutende Probleme für die Elektrifizierung neuer oder für die Ausrüstung bestehender Linien gelöst, u. a.: Bestimmung der Spannungsabfälle der Strecke, Belastungen der Unterwerke, Ströme in den Speiseleitungen, Rückströme in den Schienen zur Bemessung der induktiven Verbinder mit den Aquipotentialverbindungen des Gleises. Genaue Bestimmung der Geschwindigkeit und der Fahrzeit der Züge, Bestimmung der Kurzschlußströme.

Diese für Gleichstromprobleme entworfene Rechentafel kann auch für zahlreiche Probleme von Wechselstromnetzen benutzt werden, soweit hierbei die Phasenlage als konstant angenommen werden kann. Ferner kann diese Einrichtung

auch für die Lösung anderer Probleme gebraucht werden, die sich auf Systeme von Gleichungen ersten Grades zurückführen lassen. Die Rechentafel ersetzt z. B. bei gewissen Rechenoperationen der Mechanik die Methoden der graphischen Statik.

In einem eingehend beschriebenen Beispiel wird der Gebrauch des Apparates erläutert für die Bestimmung der Belastungskurve der Unterwerke, der Spannungsabfälle und der Ströme in den Fahrleitungen bei einer außerplanmäßigen Anhäufung von Zügen auf einem zusammenhängenden zweigleisigen und eingleisigen Streckennetz, das von mehreren Unterwerken gespeist wird.

GS

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.612.9

**Eine Breitband-Mikrowellen-Rauschquelle.** [Nach W. M. Mumford: Bell Syst. techn. J. 28 (1949) S. 608; 11 S., 6 B.]

Die Anwendbarkeit von Rauschdioden zur Messung der Empfindlichkeit von Empfängern wird bei cm-Wellen dadurch erschwert, daß frequenzabhängige Laufzeiteffekte sowie Anpassungsschwierigkeiten auftreten. Die in der vorliegenden Arbeit beschriebene neue Rauschquelle besteht aus einer in einen Hohlleiter eingeführten Leuchtstoffröhre. Diese gibt, wie die Untersuchungen zeigen, eine im Bereich zwischen 3 700 und 4 500 MHz konstante, frequenzunabhängige Rauschleistung ab. Die Messungen wurden so durchgeführt, daß ein einseitig abgeschlossener Hohlleiter rechteckigen Querschnittes vor einen empfindlichen Meßempfänger geschaltet wurde. Die Gasentladungslampe — ein etwa 30 cm langes dünnes Rohr mit Elektroden an beiden Enden — sitzt parallel zum magnetischen Vektor des Hohlleiters. Die herausstehenden Enden der Lampe sind durch kurze Rohrstücke abgeschirmt. Da die Grenzwellenlänge der Rohrstücke niedrig ist, kann keine Hochfrequenzenergie an diesen Stellen austreten. Die durch das Einbringen der Röhre hervorgerufene Anpassungsstörung im Hohlleiter kann weggestimmt werden. Schaltet man die Röhre an Gleichstrom, so daß die Entladung brennt, so wirkt die Kombination Hohlleiter-Röhre als Rauschquelle, deren wirksamer Frequenzbereich lediglich durch den Eingangskreis des Empfängers bestimmt wird. Die Entladung wirkt induktiv verstimmt auf den Hohlleiter, der Wirkleitwert der Rauschquelle wächst proportional dem Entladungsstrom. Die abgegebene Rauschleistung ist konstant und auch über längere Zeiten reproduzierbar. Der Rauschfaktor ändert sich bei Variation des Entladungsstromes von 30 bis 150 mA nur zwischen 16 und 15,6 db. Die Rauschleistung sinkt mit zunehmender Temperatur der Röhre, der Temperaturkoeffizient beträgt  $-0,055$  db/°C. Sehr genaue Messungen an 31 verschiedenen Röhren ergaben einen Rauschfaktor bei Zimmertemperatur von  $15,8 \pm 0,25$  db, also Werte, die innerhalb der Meßgenauigkeit liegen. Darunter waren Röhren für die verschiedensten Fluoreszenzfarben, sowie eine gewöhnliche Glimmlampe. Das auftretende Rauschen hat seine Ursache augenscheinlich nur in der Gasentladung selbst. Der gemessene Rauschfaktor entspricht der Strahlung eines schwarzen Körpers mit der Temperatur 11 400 °K. Das Maximum der optischen Strahlung liegt nach dem Wienschen Gesetz bei dieser Temperatur bei  $\lambda = 2535 \cdot 10^{-8}$  cm. Diese Wellenlänge entspricht der Wellenlänge der von Hg-Dampf in der Hauptsache abgestrahlten Energie. Es liegt der Schluß nahe, daß eine vorwiegend monochromatisches Licht abstrahlende Gasentladung wie ein schwarzer Körper rauscht, der bei dieser Wellenlänge seine maximale Energie abstrahlt. Vorteile der neuen Rauschquelle sind ihre Konstanz und die weitgehende Unabhängigkeit von Betriebsbedingungen und von der Temperatur. Nachteilig ist, daß die Rauschleistung nicht regelbar ist, wie zum Beispiel bei der Rauschdiode, ferner daß der Rauschfaktor verhältnismäßig niedrig ist, so daß man auch durch Vorschalten von Dämpfungsgliedern nur einen kleinen Bereich überstreichen kann. Eine Füllung der Leuchtstoffröhre mit anderen Gasen als Hg-Dampf ändert den Rauschfaktor nur unwesentlich.

Dg

DK 621.397.26

**Neue Methode für den Fernseh-Gleichwellenbetrieb.** [Nach K. Tetzner: Funk u. Ton 4 (1950) S. 308; 3 S., 3 B.]

Im Frühjahr 1950 besuchte eine Gruppe von deutschen Fachleuten und Journalisten auf dem Gebiet des Fernsehens Paris, um den Stand der französischen Fernsehetechnik ken-

nenzulernen. Der Besuch beruhte auf einer Anregung des französischen Oberkommissars und vermittelte den Teilnehmern einen guten Einblick in die erfolgreiche Entwicklungsarbeit, die in Frankreich seit Kriegsende auf diesem Gebiet geleistet worden ist. Bei dieser Gelegenheit wurden auch Versuche vorgeführt, die auf Vorschlägen von J. L. Delvaux beruhen und die darauf hinauslaufen, das für Fernsendungen verfügbare Frequenzband doppelt auszunutzen, indem in jedem Kanal gleichzeitig das untere Seitenband eines Senders und das obere Seitenband eines zweiten übertragen wird. Die Vorfürungen bewiesen die Durchführbarkeit dieses Vorschlages, der sich jedoch bei der letzten Tagung des CCIR im August 1950 nicht durchsetzen konnte.

Ki

### Betriebswirtschaft

DK 621.317.39 : 658.562

**Automatische Qualitätsüberwachung bei der Serienproduktion.** [Nach T. R. Hand u. C. J. Falk: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 20; 3,5 S., 7 B.]

Für die laufende Qualitätsüberwachung bei der Serienproduktion nach mathematisch-statistischen Methoden<sup>1</sup>, deren Bedeutung und Anwendung in den letzten Jahren mehr und mehr gestiegen ist, ist ein automatisches Anzeigergerät entwickelt worden, das nach Ansicht der Kontrollingenieure den größten Fortschritt seit der Einführung dieser Kontrollmethoden darstellt. Bisher überwachte man die Fertigung mit Hilfe von Kontrollkarten. Ihnen liegt das Prinzip zugrunde, daß zunächst aus einem genügend umfangreichen Vorversuch der Mittelwert der zu prüfenden Eigenschaft sowie die Gleichmäßigkeit seiner Einhaltung (Streuung) ermittelt wird. Mit Hilfe dieser Werte läßt sich eine Kontrollkarte anlegen, auf der dann jeweils die Kontrollergebnisse bei laufender Serie durch Kreuze eingetragen werden. Fällt ein oder fallen gar mehrere Kreuze nacheinander auf dem graphischen Bild dieser Kontrollkarte in das Äußere des durch Grenzlinien markierten Wahrscheinlichkeitsbereiches der Zufallsschwankungen, so muß man auf grundsätzliche Fabrikationsfehler oder -störungen schließen und kann diese so schnell wie möglich abstellen. Während der Zeitspanne zwischen Vermuten und Beheben des Fehlers läuft jedoch die fehlerhafte Fabrikation noch weiter, und es kommt darauf an, diese Zeitspanne so klein wie irgend möglich zu halten und einen Fehler möglichst sofort zu beseitigen.

Diesem Ziel dient das geschilderte Anzeigergerät. Es besteht aus zwei Teilen, nämlich dem Totalzähler und dem Ausschußzähler. Der erste zählt laufend die Stückzahl der Gesamtproduktion, der zweite registriert die Stückzahl des Ausschusses, wie sie ihm von den mehr oder weniger weit entfernten Prüfstellen durch elektrische Signale gemeldet wird. Das Gerät bildet dann die Prozentzahl des Ausschusses und zeigt auf einer Skala (grünes Feld: Ausschuß normal, rotes Feld: Ausschuß zu hoch), ob die geforderte Eigenschaft im Rahmen der unvermeidlichen Zufallsschwankungen eingehalten wird oder nicht. Das Instrument arbeitet mit einer Brückenschaltung, wobei eine Spannung an zwei parallel geschaltete Potentiometer gelegt ist. Das erste wird nach Gesamtstückzahl, das zweite nach Ausschußzahl verstellt und ein Meßinstrument in der Brücke vermittelt den quantitativen Vergleich zwischen Ausschuß und Gesamtproduktion.

Eine Reihe derartiger Geräte, die in einem Kontrollraum vereint sind, kann so gleichzeitig alle geprüften Eigenschaften im ganzen Werk überwachen und jeweils zugleich mit der Fabrikation selbst anzeigen, ob und wo ein zu hoher Ausschuß auftritt und eine systematische Fehlerquelle vermutet werden muß. In einer Kühlschrankfabrik der General Electric, wo diese Kontrollapparatur erprobt wurde, konnte der Ausschuß durch diese Art der Überwachung um 60% gesenkt werden. Angesichts der großen Bedeutung einer Fabrikationskontrolle ist zu erwarten, daß sich die noch jungen Methoden der mathematischen Statistik, die in dem geschilderten Gerät bereits mechanisiert oder besser „elektrifiziert“ sind, künftig in allen Industriezweigen ausbreiten werden.

Gf

DK 62 : 518.6

**Wahrscheinlichkeitsplaner in der Ingenieurpraxis.** [Nach A. Boyajian: Electr. Engng. 53 (1950) S. 15; 7 S.]

Dieser Aufsatz ist der erste in einer Reihe, die der Anwendung mathematischer Statistik in der Technik gilt; er

<sup>1</sup> Vgl. U. Graf, S. 1 ds. Heftes.

schildert den Nutzen und den praktischen Gebrauch des sog. „Wahrscheinlichkeitspapiers“. Als typisches Beispiel für viele wird die Lebensdauer eines Gerätes aus einer Serienproduktion behandelt. Die gemessenen Werte sind mit Zufälligkeitsschwankungen behaftet, und die Fragen sind, welches Vertrauen die errechnete mittlere Lebensdauer verdient, wieviel Prozent der Produktion oberhalb und unterhalb gewisser Toleranzgrenzen zu erwarten sind, wie ein zugestandener prozentualer Ausschuß der Produktion die anzugebenden Toleranzgrenzen des Einzelstückes beeinflusst usw. Die Antworten werden fast ohne jede Rechnung auf graphischem Wege ermittelt.

Die Zufälligkeitsschwankungen gehorchen im Normalfall der bekannten Gaußschen glockenförmigen Häufigkeitsverteilung, deren Integralkurve eine S-förmige Gestalt hat. Das Wahrscheinlichkeitspapier ist nun ein verzerrtes Millimeternetz, in dem diese S-Kurve als Gerade erscheint; der Ordinatenmaßstab muß dazu eine Skala tragen, die nach der inversen Funktion des Gaußschen Fehlerintegrals beziffert ist. An der Geraden, die als Summenbild in einem solchen Netz aus Mittelwert und Streuung sehr schnell zu zeichnen ist, werden die Antworten auf die gestellten Fragen unmittelbar abgelesen, ferner werden die Grundlagen für den Entwurf von Kontrollkarten zur Überwachung der laufenden Produktion entnommen usw. Weiterhin läßt sich die Unsicherheit, die dem Mittelwert zukommt, im Bilde als eine Verbreiterung der Geraden zu einem Parallelstreifen deuten, in dem die Unsicherheiten eingefangen sind, welche den Aussagen über die Gesamtproduktion anhaften. Das ganze Verfahren, das hier in einfacher Weise auch für einen geringen Stichprobenumfang ohne Rückgriff auf verwickeltere Methoden benutzt wird, erhält seine Berechtigung und Schärfe erst nach Vorliegen umfangreicher Messungen.

In Deutschland ist bisher das Wahrscheinlichkeitspapier vor allem in der Eisen- und Hüttenindustrie mit großem Vorteil benutzt worden<sup>1</sup>; es wäre zu begrüßen, wenn diese Verfahren zum geistigen Besitz jedes Ingenieurs gehörten.

Gf

### Werkstatt und Baustoffe

DK 621.316.616.7 : 621.315.2

**Der Einsatz von Neopren und „kaltem Gummi“ bei elektrischen Kabeln.** [Nach C. E. Huxley: India Rubber Wld., März 1950.]

Bei der Western Insulated Wire Co. wie allgemein in der Kabelindustrie werden mehr und mehr Neopren und „kalter Gummi“ verwandt, was auf die hervorragenden Eigenschaften dieser in Deutschland noch weniger bekannten Stoffe zurückzuführen ist<sup>2</sup>. Die Vorteile, die sich mit einer Kombination dieser beiden höchstwertigen Hilfsmittel erzielen lassen, ermöglichen den Bau der zur Zeit dauerhaftesten, sichersten und vielseitigsten Kabel. So läßt sich mit ihnen ein zweiadriges Kabel herstellen, welches für Dampfmaschinen, Kühlstränke, Kohlenbergwerke und Krankenhäuser in gleicher Weise geeignet ist. Die Adern bestehen aus unverzinneten Kupferlitzen und werden mit einem dünnen Baumwollband umwickelt. Für die Aderisolation wird zweckmäßig „kalter Gummi“ gewählt. Denn „kalter Gummi“ erreicht in der Abriebfestigkeit, der Zerreißfestigkeit und der Isolierfähigkeit nahezu Naturgummi, während er in der Alterungs- und Sauerstoffbeständigkeit dem Naturgummi sogar erheblich überlegen ist. Von besonderer Bedeutung ist die Möglichkeit, die Vulkanisation zu unterbrechen, ohne daß die Qualität leidet oder Blasenbildung eintritt. So können die Adern im anvulkanisierten Zustand miteinander verseilt und später zusammen mit dem Kabelmantel ausvulkanisiert werden, wodurch die Schädigung der Aderisolation bei der zweiten Vulkanisation vermieden wird. Wenn „kalter Gummi“ damit der geeignetste Stoff für Aderisolationen ist, dann ist es Neopren für den durch ein Baumwollband abgesetzten Kabelmantel. Denn „es gewährt am längsten Schutz vor der größten Anzahl schädlicher Faktoren“. Neopren ist gegen

<sup>1</sup> K. Daeves u. A. Beckel: Großzahlforschung und Häufigkeitsanalyse. Verlag Chemie GmbH, 1948. — Wahrscheinlichkeitspapier wird geliefert von Schleicher & Schüll, Einbeck/Hann.

<sup>2</sup> Neopren und „kalter Gummi“ sind synthetische Gummiarten. Neopren ist ein Polychlorbutadien, während man unter „kaltem Gummi“ das auf Grund deutscher Erfindungen bei tiefen Temperaturen (etwa  $-5^{\circ}\text{C}$ ) hergestellte, dem Buna S entsprechende Mischpolymerisat aus Butadien und Styrol versteht. Letzterer wird auch Tieftemperaturbuna genannt. Beide Stoffe bieten spezielle, bei der Herstellung elektrischer Kabel verwertbare Vorteile gegenüber Naturgummi und anderen synthetischen Produkten.

alle Alterungseinflüsse, wie Sauerstoff, Hitze, Sonnenstrahlen und Ozon, sowie gegen die meisten der gebräuchlichen Öle und Fette äußerst beständig. Es verliert seine Geschmeidigkeit erst bei erstaunlich hohen Temperaturen; außerdem unterhält es keine Verbrennung und es wird durch Feuchtigkeit nicht angegriffen, so daß es ohne Schutz in die Erde vergraben werden kann. Neopren ist abriebfest, kerbfest, schnittfest, zäh und somit das geeignetste Material für einen Kabelmantel. Ist ein solches Kabel dann noch besonders biegsam und geschmeidig, dann dürfte damit das heute Mögliche erreicht sein.

x

DK 621.315.21 : 621.315.616.7 : 620.193.81

**Zerstörung von Gummisolation durch Mikroorganismen.**  
[Nach J. T. Blake, D. W. Kitchin und O. S. Pratt: Electr. Engng. 69 (1950) S. 782.]

Gelegentlich beobachtet man Fehlstellen in der Isolation von Gummikabeln, die in der Erde vergraben sind. Diese eng begrenzten Stellen zeichnen sich bei Feuchtigkeit durch einen sehr niedrigen Widerstand aus. Die mechanischen Eigenschaften des Gummis dagegen unterscheiden sich kaum von denen der benachbarten Gebiete und auch ihr Feuchtigkeitsgehalt ist nicht nennenswert höher. Durch Trocknung kann man den Isolationswert um mehrere Größenordnungen erhöhen, aber schon kurzzeitige Benetzung läßt den Widerstand wieder auf den alten Wert sinken. Es wurde vermutet, daß diese Fehler durch Mikroorganismen des Erdreiches hervorgerufen werden. Die Vermutung wurde durch Versuche zur Gewißheit, und zwar handelt es sich um eine Fusarien-Art. Bei Naturgummi sind die Fehlstellen meist durch winzige Flecken an der Oberfläche der Isolation erkennbar.

Die Untersuchungen ergaben zwei verschiedene Arten von Zerstörungen. Bei der einen wird die Oberfläche angegriffen, wobei die Bakterien flache Vertiefungen herausfressen. Diese Schäden führen erst nach langer Zeit zu einem Versagen des Kabels. Unangenehmer, weil schneller wirkend und schwerer nachweisbar, sind mikroskopisch feine Kanäle, die in verschiedenen Richtungen von der Oberfläche der Gummisolation aus bis zur Kupferseele dringen. Vor allem diese Poren lassen den Widerstand der Isolation bei Feuchtigkeit schnell auf einen kleinen Wert sinken. Diese Art der Zerstörung wird besonders bei Kunstgummi beobachtet.

Versuche, die Gummisolation durch einen Überzug von Neopren mikrobensicher zu machen, schlugen fehl. Man will nun organische Isolierstoffe finden, die von Mikroorganismen nicht angegriffen werden, und braucht vor allen Dingen ein schnelles Verfahren, um festzustellen, ob die betreffenden Stoffe für Bakterien verdauliche Bestandteile enthalten. Kleine Proben der betreffenden Stoffe werden in Glasschalen mit einem Nährboden für Schimmelpilze gelegt; die angreifbaren Sorten sind schon nach 1 ... 2 Wochen von einem Pilzrasen bedeckt.

WH

DK 621.364 : 666.1

**Elektrische Glasbearbeitung.** — Bei der Herstellung, d. h. beim Schmelzen und Läutern von Glas in Hüttenbetrieben wird bei Benutzung elektrischer Energie meist nach dem Prinzip der Erzeugung Joulescher Wärme gearbeitet. Das Glasbad selbst dient als Widerstand [1]. Bei der nachträglichen Bearbeitung des fertigen Glases geht neuerdings das Bestreben dahin, außer dieser Widerstandserhitzung auch Hochfrequenzfelder zur Erhitzung zu benutzen.

Die induktive Erwärmung mittels Hochfrequenz-Wirbelströmen, wie sie für das Schmelzen von Metallen in großem Maße benutzt wird, erfordert beim Glas sehr hohe Frequenzen von etwa  $10^8$  Hz. Das Glas muß auf  $1000^\circ\text{C}$  vorgeheizt werden [2]. Diese Methode konnte infolgedessen noch nicht zur Glasbearbeitung herangezogen werden. Es gibt jedoch eine Ausnahme, das ist die Herstellung von Glas-Metall-Verbindungen, z. B. für Senderöhren, Vakuumkondensatoren, Bildröhren usw. Hier werden die Wirbelströme dazu benutzt, zunächst das Metall auf Gelbgut zu bringen. Das mit mäßigem Druck angepreßte Glas wird an der Berührungsstelle weich und bindet vakuumdicht mit dem Einschmelzmetall. Die Verschmelzungen werden sehr viel sauberer und gleichmäßiger, als wenn der Glasapparatebläser mit Flammen arbeitet. Außerdem erfordert die elektrische Methode nur einen Bruchteil an Zeit, und die Herstellung besonders großer und komplizierter Glas-Metall-Verbindungen wurde so überhaupt erst möglich. Auch hat man den Vorteil, in einem Arbeitsgang mehrere Anglasungen, die zu einer Entladungsröhre gehören, fertigen zu können.

Die dielektrische, d. h. kapazitive Erwärmung des Glases unter Benutzung von Hochfrequenzenergie ist von Zimmertemperatur an ohne Zusatzheizung möglich. Das Glas befindet sich zwischen zwei Kondensatorplatten, an die das hochfrequente Wechselfeld angelegt wird. Die Moleküle des Glases versuchen sich im Takt der hochfrequenten Schwingungen zu polarisieren, wobei durch innermolekulare Gegenkräfte Wärme entsteht. Die Wärmemenge ist proportional der Frequenz, der Dielektrizitätskonstante und dem Verlustwinkel sowie dem Quadrat der Feldstärke [3]. Zweckmäßig wird das Glas bei der Frequenz erwärmt, bei der der Verlustwinkel, der von der Frequenz abhängig ist, sein Maximum hat. — Man schmilzt Glas bei  $10 \dots 100$  MHz, und zwar wird das praktisch ausgenutzt bei Automaten zum Einschmelzen von Glühlampen und Radioröhren. Der ungünstige Einfluß der Brennergase z. B. auf die Kathode von Entladungsröhren fällt fort.

Bei der Bearbeitung durch Joulesche Wärme wird das Glas auf  $400 \dots 500^\circ\text{C}$  mit Flammen vorgeheizt, um es genügend elektrisch leitfähig zu machen. Man benutzt in Amerika die „elektrische Lötfackel“ [4]. Die Stellen der Gläser, die verschmolzen werden sollen, z. B. die Leuchtschirmteller von Kathodenstrahlröhren, werden durch sehr kleine sich gegenüberstehende Gas-Sauerstoff-Flammen vorerhitzt. Die isoliert stehenden Brenner werden als Elektroden benutzt, d. h. an eine hochfrequente Spannung von 10 kV und 0,1 ... 10 MHz angeschlossen, so daß die elektrische Energie dem Glase über die nadelförmigen Flammen, die allein zum Schmelzen nicht ausreichen würden, zugeführt wird. Während bei der Erhitzung durch Flammen allein die Brenner, besonders bei dickwandigem Glas, so stark gewählt werden müssen, daß die erweichte Zone unerwünscht breit wird, erreicht man bei Anwendung der Lötfackeln bei sehr schmaler Erweichungszone eine gute Tiefenwirkung. Die Methode gestattet Verschweißungen von Glasteilen, deren Bearbeitung dem Glasapparatebläser mit Flammen wegen der Empfindlichkeit der Artikel (z. B. Küvetten) bisher nicht möglich war. Solche Anlagen wurden auch transportabel gestaltet, so daß Reparaturen und Umbauten an fest verlegten Glasrohrleitungen an Ort und Stelle ausgeführt werden können. Zwei Handwerker bedienen die nach Art einer Pistole ausgebildeten, beweglich angeschlossenen Handbrenner.

Düsing

## Schrifttum

- [1] E. V. Borel: Die Praxis der elektrischen Glasschmelze. *Glastechn. Ber.* 23 (1950) S. 213.  
[2] E. Umbilja: Elektrisk glassmältning. *Glastechn. Tidskr.* 3 (1948) S. 49.  
[3] K. Keigel: Hochfrequenzwärmerung. *Z. VDI* 91 (1949) S. 25.  
[4] E. M. Guyer: Electric welding of glass. *Electr. Engng.* 67 (1948) S. 446.

## Kurznachrichten

**Kunststoff-Institut in Aachen.** — An der T. H. Aachen wurde Ende Oktober ein „Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk“ eingeweiht, das dank der Hilfe der Kunststoff-Industrie eingerichtet werden konnte. Das Institut wird von Prof. Dr.-Ing. K. Krekeler geleitet. Es soll Handwerker, Verkäufer und Studenten schulen und außerdem der Forschung dienen. Der Lehrplan soll die Materialkenntnis, Anwendungsgebiete und Verarbeitungsverfahren der Kunststoffe einschl. des Flammprozesses umfassen; bis zum Endausbau des Institutes beschränkt er sich noch auf Polyvinylchlorid und Polyisobutylen. Vorerst hat das Institut rd.  $600\text{ m}^2$  zu seiner Verfügung.

nk

**UKW-Funknetz der Berliner Polizei.** — Auf Grund guter Erfahrungen mit ihren bisherigen Anlagen wird die Berliner Polizei weitere 50 Polizeifahrzeuge mit FM-UKW-Funksprechanlagen ausrüsten. Die Zahl der ortsfesten Sender und die der Betriebszentralen wird auf je 4 erhöht. Damit wird Berlin eines der größten Polizeifunknetze besitzen.

R

**Neue Glühlampe.** — Mit einem neuartigen Silikatbelag auf der Innenseite des Glaskolbens ist eine opalisierte Doppelwendel-Glühlampe geschaffen worden, die von den Philips Valvo Werken unter dem Namen „Argenta“ herausgebracht wird. Sie erzeugt ein angenehm weiches und warmes Licht und sieht im abgeschalteten Zustand perlmuttweiß aus. Der Argenta-Kolben hat etwa 10% größere Lichtdurchlässigkeit als Opalglasskolben.

Fi

<sup>1</sup> K. Krekeler: *Kunststoffe* 40 (1950) S. 311.



## VERSCHIEDENES

## VDE

## Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6.

Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

## Bekanntmachungen

## Betr.: Inkraftsetzung der Neufassungen\*:

- VDE 0208/1.51 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus Gummi für isolierte Leitungen u. Kabel“  
 VDE 0209/1.51 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus thermoplastischem Kunststoff für isolierte Leitungen und Kabel“  
 VDE 0250/1.51 „Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen“  
 VDE 0284/1.51 „Vorschriften für hitzebeständig isolierte Starkstromleitungen mit Metallmantel“  
 VDE 0472/1.51 „Regeln für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln“

## Außerkräftsetzung der bisherigen Bestimmungen:

- VDE 0208/II.45 „Vorschriften für Gummihüllen und -mäntel isolierter Leitungen und Kabel“  
 VDE 0208 U/II.45<sup>1</sup> „U-Vorschriften zu VDE 0208“  
 VDE 0250/XI.44 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“  
 VDE 0250 U/II.45<sup>1</sup> „U-Vorschriften zu VDE 0250“  
 VDE 0275/V.43 „Leitsätze für die Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolierungen oder Mäntel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen“  
 VDE 0275 U/VII.43<sup>1</sup> „U-Vorschriften zu VDE 0275“  
 VDE 0283/IX.44 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“, §§ 6, 8 und 9.  
 VDE 0284/V.43 „Richtlinien für probeweise zugelassene Metallmantelleitungen mit hitzebeständiger Isolierung“.

Zu den in der ETZ 71 (1950) S. 297 angekündigten Entwürfen für die im Betreff angegebenen Neufassungen sind Einsprüche und Änderungsvorschläge eingegangen, die in zwischen von der VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“ ordnungsgemäß behandelt wurden. Die abschließenden Verhandlungen der Kommission haben zu den im Betreff angegebenen Neufassungen geführt. Der Vorstand des VDE hat diese Neufassungen zum 1. Januar 1951 in Kraft gesetzt. Sonderdrucke können vom VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und von dessen Zweigniederlassung Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, bezogen werden.

Gegen die ebenfalls in der ETZ 71 (1950) S. 297 angekündigte Außerkräftsetzung der im Betreff angegebenen seitherigen Bestimmungen sind keine Einsprüche erhoben worden. Der Vorstand des VDE hat daher diese seitherigen Bestimmungen ab 1. Januar 1951 für ungültig erklärt.

## Betr.: Inkraftsetzung von VDE 0255/2.51, Außerkräftsetzung von VDE 0255/IV.43 und VDE 0255 U/I.45

Gegen den in der ETZ 71 (1950) S. 333 angekündigten Entwurf einer Neufassung von VDE 0255 „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen“ und seine Inkraftsetzung zum 1. Oktober 1950 sowie gegen die Außerkräftsetzung der gleichlautenden seitherigen Vorschriften VDE 0255/IV.43 und VDE 0255 U/I.45<sup>1</sup> zum gleichen Termin sind einige Einsprüche eingegangen, die inzwischen ordnungsgemäß behandelt wurden. Der Vorstand des VDE hat nunmehr die Neufassung mit Wirkung vom 1. Februar 1951 in Kraft gesetzt und die seitherigen Vorschriften vom gleichen Zeitpunkt ab für ungültig erklärt.

\* In H. 2 d. ETZ ds. Js. erscheint hierzu ein Einführungsaufsatz von Obering. Heinzmann: Die neuen VDE-Bestimmungen für isolierte Starkstromleitungen.

<sup>1</sup> Die U- (Übergangs-) Vorschriften wurden früher als B- (Behelfs-) Vorschriften und davor als K- (Kriegs-) Vorschriften bezeichnet. Für die B- und K-Vorschriften gilt dasselbe wie für die U-Vorschriften.

Sonderdrucke der Neufassung, die die Bezeichnung VDE 0255/2.51 erhält, können vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, bezogen werden.

## Betr.: Inkraftsetzung von VDE 0530 d/2.51, 5. Änderung von VDE 0530

In der ETZ 71 (1950) S. 443 hatte die VDE-Kommission „Elektrische Maschinen“ bekanntgegeben, daß beabsichtigt ist, die §§ 15, 22, 38, 39, 46, 47, 50 und 81 von VDE 0530/VI.41 „Regeln für elektrische Maschinen“ neu zu fassen.

Nach eingehender Prüfung der hiergegen eingegangenen Einsprüche hat die Kommission dem Vorstand des VDE vorgeschlagen, den in dieser Bekanntmachung veröffentlichten Text dieser neu gefaßten §§ unverändert beizubehalten und die mit den Einsprüchen verbundenen weiteren Anregungen gelegentlich der in Angriff genommenen vollständigen Neubearbeitung von VDE 0530 zu verwerfen. Der Vorstand des VDE hat gemäß diesem Vorschlag die neu gefaßten §§ ab 1. Februar 1951 in Kraft gesetzt.

Die sich infolgedessen ergebende 5. Änderung der ab 1. Januar 1930 geltenden Fassung von VDE 0530 kann als Sonderdruck mit der Bezeichnung VDE 0530 d/2.51 vom VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und dessen Zweigniederlassung Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, bezogen werden.

## Betr.: Kürzung von VDE 0530 U

Die VDE-Kommission „Elektrische Maschinen“ hatte in der ETZ 71 (1950) S. 443 ferner angekündigt, daß VDE 0530 U/VII.43 „Übergangsregeln für elektrische Maschinen“<sup>2</sup> außer Kraft gesetzt werden soll.

Auf Grund der hiergegen erhobenen Einsprüche soll der Teil der Bestimmungen von VDE 0530 U, der sich auf die Isolationsklasse Bu bezieht, und die hierzu angegebene Grenzerwärmung von 95° bis auf weiteres beibehalten werden. Der Vorstand des VDE hat dementsprechend die übrigen Bestimmungen von VDE 0530 U/VII.43<sup>2</sup> ab 1. Februar 1951 außer Kraft gesetzt.

Die sich hiernach ergebende, ab 1. Februar 1951 geltende gekürzte Fassung von VDE 0530 U kann als Sonderdruck unter der Bezeichnung VDE 0530 U/2.51 vom VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und dessen Zweigniederlassung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

## Betr.: Inkraftsetzung von VDE 0210 n/2.51 (13. Änderung von VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen“.)

Die Entwürfe zu der 13. Änderung von VDE 0210 wurden angekündigt in:

- ETZ 70 (1949) S. 477 bezüglich der §§ 4, 15, 32 und 33;  
 S. 501 „ „ „ §§ 17, 23, 24 und 34;  
 ETZ 71 (1950) S. 151 „ „ „ des § 35;  
 Elektrizitätswirtschaft 49 (1950) S. 129 und  
 ETZ 71 (1950) S. 227 bezüglich der §§ 8, 9, 10 und 16.

Die hierzu eingegangenen Einsprüche und Änderungs-vorschläge wurden inzwischen von der VDE-Kommission „Starkstromfreileitungen“ ordnungsgemäß behandelt.

Die abschließenden Beratungen dieser Kommission haben zu der im Betreff angegebenen 13. Änderung von VDE 0210 geführt, die eine Neufassung der §§ 4 bis 10, 15, 17, 23, 24 und 32 bis 35 enthält. (Die §§ 5 bis 7 enthalten nur redaktionelle Änderungen und Anpassungen an inzwischen neu bearbeitete Normblätter).

Der Vorstand des VDE hat diese 13. Änderung von VDE 0210 zum 1. Febr. 1951 in Kraft gesetzt. Sonderdrucke von VDE 0210 n/2.51 können vom VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und dessen Zweigniederlassung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

## Betr.: Inkraftsetzung von VDE 0890/2.51, Außerkräftsetzung der früheren Fassungen von VDE 0890

Gegen den in der ETZ 71 (1950) H. 16, S. 443 angekündigten Entwurf der Neufassung von VDE 0890 „Merkblatt

<sup>2</sup> Früher als Behelfsregeln VDE 0530 B/VII.43 und davor als Kriegsregeln VDE 0530 K/VII.43 bezeichnet.

über den Aufbau und die Verwendung isolierter Leitungen und Kabel in Fernmeldeanlagen" sind einige Einsprüche eingegangen, die inzwischen ordnungsgemäß behandelt wurden. Gegen die Inkraftsetzung der Neufassung vom 1. November 1950 und gegen das gleichzeitige Ungültigwerden der früheren Fassungen von VDE 0890 ist kein Widerspruch erfolgt.

Der Vorstand des VDE hat daher diese Neufassung mit der Bezeichnung VDE 0890/2.51 und mit Wirkung vom 1. Februar 1951 in Kraft gesetzt und die früheren Fassungen von VDE 0890 vom gleichen Zeitpunkt ab für ungültig erklärt.

Sonderdrucke von VDE 0890/2.51 können vom VDE-Verlag GmbH, Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und dessen Zweigniederlassung, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

#### Betr.: VDE 0800 U „Übergangsvorschriften für Fernmeldeanlagen“<sup>1</sup>

Es ist beabsichtigt, neben verschiedenen redaktionellen Änderungen in VDE 0800 U/I.44 die Bemerkung zu streichen, die den § 41 „Leitungen“ von VDE 0800/I.43 außer Kraft setzt. Der § 41 von VDE 0800/I.43 soll also wieder uneingeschränkt gültig werden. Einsprüche hierzu können bis zum 1. Februar 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden.

#### Betr.: Kommission 0720 „Elektrowärmegeräte“

Die Bekanntmachung der Kommission „Elektrowärmegeräte“ über die Ergänzung zu § 15 a) von VDE 0720/II.43 wird dahingehend berichtigt, daß Einsprüche gegen diese Ergänzung bis zum 15. Januar 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden können und nicht, wie irrtümlich in der ETZ 71 (1950) S. 697 bekanntgegeben, bis zum 15. Februar 1951.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

#### Betr.: Mitgliedsbeitrag

Um das Vortragsprogramm unserer Mitgliedsvereinigungen, das nunmehr überall angelaufen ist, durchführen und die Arbeiten des VDE finanzieren zu können, müssen die Mitgliedsbeiträge unbedingt rechtzeitig bezahlt werden. Leider ist ein Teil der VDE-Mitglieder hiermit noch im Rückstand. Das Beitragsjahr 1950 ist abgelaufen; deshalb bitten wir dringend, die noch rückständigen Mitgliedsbeiträge derjenigen Mitgliedsvereinigung umgehend zu überweisen, bei der die Mitgliedschaft besteht. Da nunmehr auch die Beiträge für das Jahr 1951 fällig werden, schlagen wir vor, sie nach Möglichkeit gleichzeitig zu überweisen.

#### Betr.: Buchpreis-Nachlaß für VDE-Mitglieder

Freundlicherweise hat uns die Fachbuchhandlung W. Girardet, Essen, einen Preisnachlaß für die beiden unten aufgeführten Bücher eingeräumt, so daß Bestellungen von VDE-Mitgliedern, die für diese Bücher bei uns eingehen, zu einem um 10% ermäßigten Preis beliefert werden. Bei den beiden Büchern handelt es sich um das in der Praxis beliebte AEG-Hilfsbuch für elektrische Licht- und Kraftanlagen, 5. Auflage, 656 Seiten, DIN A 5, in Halbleinen DM 11,25 statt DM 12,50 (Besprechung: ETZ 1950, S. 574) und den Kunststoff-Ratgeber von Ing. Brandenburger, 2. Auflage, 228 Seiten, DIN A 5, in Halbleinen DM 15,10 statt 16,80.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Sekretariat

## SITZUNGSKALENDER

- ETV Berlin, Bln.-Charlbg., Bismarckstr. 33  
11. 1. 51, 18.15, Hörsaal EB 301 d. TU.: „Schaltanlagenbau im Ausland“, Dir. Dipl.-Ing. G. Meiners.  
25. 1. 51, 18.15, Ort wie vor: „Der Stand der Hochspannungs-Schaltertechnik“, Dipl.-Ing. M. Zühlikke.  
VDE-Bezirk Hansa, Hamburg, Hbg. 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48  
11. 1. 51, 17.00, Museum f. Völkerkde.: „Entwicklung der Elektrizitätslehre“, Prof. Dr. Schimank, Hamburg.

<sup>1</sup> Früher auch als Behelfs-(B-) und Kriegs-(K-)Vorschriften bezeichnet.

#### ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70

9. 1. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Trägerfrequente Fernsprechsyste auf symmetrischen Kabelleitungen“, Min.-Rat. Dr. Düll, Darmstadt.

#### ETG Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 23

2. 1. bis 6. 1. 51, 14.15 bis 17.45, Vereinshaus, Bürgerstr. 1—3: Kursus „Schutzrelais für Hochspannungsnetze“, Dr.-Ing. W. Bütow, Techn. Akademie Berb. Land, Wuppertal.

#### ETV Mittelbaden, Karlsruhe, Lessingstr. 16

9. 1. 51, 19.30, Engelbert Arnold-Hörsaal d. TH.: „Das Verhalten des Starkstromkondensators im Netz“ (mit Lichtbildern), Dipl.-Ing. Bornitz, Berlin. Vorher: 5. ordentliche Mitgliederversammlung.

23. 1. 51, 19.00, Ort wie vor: „Meßtechnik der elektrischen Energieversorgung und -verteilung“, Dr.-Ing. Polack, Karlsruhe.

#### VDE-Bezirk Köln, Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192

12. 1. 51, 17.30, Staatliche Masch.-Bauschule Ubiering 48: „Die elektrische Ausrüstung von elektrischen Abraumfördergeräten“, Dipl.-Ing. Häbler, Mannheim.

26. 1. 51, 17.30, Ort wie vor: „Die industrielle Anwendung der Strahlungserwärmung (Infrarot)“, Dipl.-Ing. Kaufmann.

#### ETV München, Mchn. 2, Blumenstr. 28

11. 1. 51, 17.30, Vortragssaal 2 d. Dt. Museums: „Entwicklung auf dem Stromrichtergebiet in den letzten 15 Jahren“, Dr.-Ing. Bosch.

25. 1. 51, 17.30, Ort wie vor: „Blechkapselte Innenraum-Schaltanlagen“, Dipl.-Ing. Heinze.

#### ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30

2. bis 5. 1. 51, 10.00, Hotel Reichshof, Johannesg.: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“ (Wiederholung), Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. P. Schnell, Dr.-Ing. O. Zeier.

16. 1. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Die künstlerischen und technischen Probleme der Übertragung und Aufnahme von Schall“ (mit Vorführung von Bandaufnahmen), Dipl.-Ing. Gruenert, Frankfurt a. M. Vorher: Jahreshauptversammlung.

#### VDE-Bezirk Bergisch Land, Wuppertal, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52

9. 1. 51, 18.00, Vortragssaal d. Stadtbücherei: „Regelantriebe in der Papier- und Textilindustrie“, Dr. Philipp.

Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal, Wpt.-Vohw., Rubensstr. 4  
8. 1. bis 12. 1. 51, 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Spannungsoptik“, Dr.-Ing. habil. G. Sonntag.

15. 1. bis 19. 1. 51, Zeit u. Ort wie vor: Kursus „Relaischutz von Transformatoren und Generatoren“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dr.-Ing. W. Bütow, Wuppertal.

22. 1. bis 26. 1. 51, Zeit u. Ort wie vor: Kursus „Moderne statistische Verfahren zur Fabrikationskontrolle und zur laufenden Qualitätsüberwachung“, Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Wuppertal.

29. 1. bis 2. 2. 51, Zeit u. Ort wie vor: Kursus „Querschnitt durch das Gebiet der allgemeinen Metallkunde“, Prof. Dr.-Ing. E. Piwo-warsky.

9. 1. 51, 17.00, in Remscheid: „Moderne technische Hilfsmittel zur Rationalisierung in der Industrie“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Wuppertal.

#### Haus der Technik, Essen, Hollestr. 1 g

12. 1. 51, 16.30, Vortragssaal im HdT.: „Der Bleiakкумуляtor und seine Anwendung im modernen Transportwesen“, Obering. M. Pöhler, Hannover.

19. 1. 51, 16.30, Ort wie vor: „Die neuere Entwicklung der Energiewirtschaft in den westeuropäischen Ländern im Lichte der Energiewirtschaftsstatistik“, Dr. R. Regul, Essen.

## PERSONLICHES

### Peter Schirp zum 80. Geburtstag

Am 1. Januar ds. Js. begeht Herr Peter Schirp seinen 80. Geburtstag. Im Anschluß an eine mehr als 25jährige Tätigkeit in der Praxis, die er anfänglich als Leiter von Straßenbahnen und Elektrizitätswerksbetrieben in Deutschland — in den letzten 6 Jahren vor dem ersten Weltkrieg auch in Übersee (Mexiko) — seit 1915 als Direktor der ehemaligen Berliner Elektrizitätswerke (BEW) ausgeübt hatte, wurde Herr Schirp im Jahre 1921 zum Geschäftsführer des VDE berufen. Damit fiel ihm die überaus verantwortungsvolle Aufgabe zu, den Verband nicht nur durch die wirtschaftlichen Schwierigkeiten der Inflationszeit hindurch, sondern auch seine technisch-wissenschaftliche Leistungsfähigkeit wieder auf die Höhe zu bringen. Ferner ging es damals darum, die infolge des Weltkrieges abgerissenen Beziehungen zur elektrotechnischen Außenwelt wieder anzuknüpfen.



Aus den 12 Jahren seines Wirkens, das durch die nationalsozialistischen Gleichschaltungsmaßnahmen ein jähes und vorzeitiges Ende fand, konnte Herr

Schirp die Genugtuung in den erzwungenen Ruhestand mitnehmen, daß es ihm gelungen war, als der verantwortliche Steuermann das Schiff des VDE wieder flottzumachen. Er rüstete es auch mit der Prüfstelle aus, deren Symbol, das VDE-Prüfzeichen, in stärkstem Maße dazu beigetragen hat, das infolge des Krieges beeinträchtigte Ansehen der deutschen elektrotechnischen Erzeugnisse nicht nur zu Hause, sondern auch auf dem Weltmarkt wiederherzustellen. Das ebenso zweckmäßige wie würdige Geschäftshaus in Berlin hat der VDE zum großen Teil der Initiative seines Generalsekretärs P. Schirp zu verdanken.

Wir sind sicher, daß die gesamte Fachkollegenschaft aus Anlaß dieses Geburtstages, zu dem sie Herrn Schirp die besten Glückwünsche übermittelt, sich all seiner Verdienste um das Verbandswesen der Elektrotechnik mit besonderer Anerkennung erinnern wird. Sie wünscht ihm einen weiteren geruhsamen Lebensabend, der ihm einen Ausgleich für die Enttäuschungen bieten möge, die ihm das politische Verhängnis bereitet hat.

W. Zimmermann

**100 Jahre Leybold.** — Die Firma E. Leybold's Nachfolger in Köln, Fabrik für Hochvakuumpumpen und -anlagen, blickt auf 100jähriges Bestehen zurück. Aus einem kleinen Handels- und Handwerksbetrieb entwickelte sich eine wissenschaftlich fundierte Spezialfirma, die in der ganzen Welt angesehen ist. Sehr beedutsam war für die Firma die Erfindung der G a e d e - Pumpe, die außer in der Physik zunächst industriell nur für die Herstellung von Glühlampen eingesetzt wurde, während sie heute in vielen Industriezweigen die Voraussetzung für neue Fertigungsmethoden bietet.

Eine reich bebilderte Liste mit vielen technischen Angaben erschien zum Jubiläum; sie zeigt, welche Dienste die Firma Leybold in der vergangenen Zeit für Wissenschaft und Technik geleistet hat.

R

**Jubiläum.** — Die Firma Dipl.-Ing. J. C. Fritz konnte kürzlich ihr 25jähriges Geschäftsjubiläum begehen. 1925 errichtete Fritz in Köln eine Schweißwerkstatt, aus der sich ein kleines Werk entwickelt hat, das größte Instandsetzungen und schwierige Neuanfertigungen durchführt. Der Gründer führte 1929 als erster den Kondensator zur Verbesserung des Leistungsfaktors in die Schweißtechnik ein. Dank seiner Initiative wurde vor 3 Jahren der DVS (Deutsch. Verb. f. Schweißtechn.) ins Leben gerufen. Die ETZ zählt Herrn Fritz seit vielen Jahren zu ihren Mitarbeitern.

BV

Zusammen mit ihrer 600-Jahrfeier konnte die Stadt Münden-Glabach drei weitere Jubiläen begehen. Die örtlichen Wasserwerke bestehen seit 70, das Elektrizitätswerk und die elektrische Straßenbahn seit 50 Jahren; vor 25 Jahren entstand der Städt. Omnibusbetrieb. Eine bebilderte Festschrift der M.-Glabacher Versorgungs- und Verkehrsbetriebe gibt einen Rückblick auf die Entwicklungen in den letzten Jahrzehnten.

R

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.315/.316.027.3/7 (022.4)

**Hochspannungstechnik.** Von A. Roth. 3. Aufl. Mit 704 u. IX S., 734 B., 98 Taf., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 63,—, geb. DM 67,—.

Das bekannte umfangreiche Werk, dessen zweite Auflage im Jahre 1938 erschien, ist neu bearbeitet und erweitert herausgekommen. Die Entwicklung der Hochspannungstechnik im letzten Jahrzehnt hat eine weitgehende Neubearbeitung der meisten Kapitel des Werkes gefordert. Dazu gehören u. a. die mit dem Bau von 400 kV-Anlagen an Bedeutung gewonnenen Erkenntnisse über die Koronaverluste und ihr Einfluß auf die Löschfähigkeit des kompensierten Netzes, die Herabsetzung der Randfeldstärken beim Bündelleiter, die neuen Versuchsergebnisse über den Einfluß von Nebel und Schmutz auf die Isolationsfähigkeit des Netzes, die Koordinierung der Isolation usw. Größere Aufmerksamkeit wird der Höhe der inneren Überspannungen geschenkt, die beim Abschalten von leerlaufenden Leitungen und Transformationen auftreten. Nach den hier gebrachten Zahlentafeln 70/1, 70/2 wirkt sich der Einfluß der Sättigung günstig auf die Höhe der Ausschaltüberspannungen aus. Leider fehlt bei diesen Angaben die Art der Schalter, deren Einfluß von Bedeutung ist. Es ist unmöglich, in

einer kurzen Besprechung die Reichhaltigkeit des Stoffes, der in diesem Werk zusammengetragen wird, eingehender zu würdigen. Es seien jedoch noch besonders hervorgehoben die Ausführungen über die Schalter, die durch neue Bilder vervollkommen sind und zum Schluß des Buches eine übersichtliche Behandlung und Zusammenstellung der Hochspannungsapparate für die Atomphysik, wie das Cyclotron, das Betatron und die Linearbeschleuniger.

Das vorzüglich ausgestattete Buch wird jedem Fachgenossen der Praxis unentbehrlich sein, aber auch der Theoretiker findet hier eine reichhaltige Zusammenstellung der neuesten Ergebnisse auf dem Gebiete der Hochspannungstechnik sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis, geordnet nach den einzelnen Abschnitten des Gesamtgebietes, das die Einsicht in die Originalarbeiten erleichtert.

E. Kluss

DK 621.316.54.027.2 (022.3)

**Elektrische Niederspannungsschaltgeräte.** Von Werner Kussy. Mit 353 S., 342 B., Format 15,5×21 cm. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1950. Preis geb. DM 38,—.

Es gibt leider außerordentlich wenig Lehrbücher über den Niederspannungs-Schaltgerätebau. Um so erfreulicher ist es, daß mit diesem Werk einmal wieder eine einigermaßen geschlossene Abhandlung in die Hände des Konstrukteurs und projektierenden Ingenieurs kommt.

Theorie und Praxis erscheinen in ihm in einer guten Mischung. Abgesehen von einigen kleinen Unstimmigkeiten muß es als vorzüglich angesehen werden. Es ist selbstverständlich, daß manche Frage noch keine Antwort gefunden hat. Der Rahmen des Buches dürfte eine Auswahl aus dem umfangreichen Stoff notwendig gemacht haben. Leider fehlen in dem Werk manche Hinweise auf die moderne Steuerungstechnik, auf die Ansprüche, die der Käfigläufermotor stellt, auf die Grundlagen der Bewertung, wie sie sich im Laufe des letzten Jahrzehntes herausgebildet haben.

Interessant ist bei der Behandlung der Erwärmungsfragen ein vom Verfasser entwickeltes System, dem die Ermittlung einer Grenzschicht zugrunde liegt, deren Stärke von dem Raume abhängt, in dem sich das Gerät befindet. Innerhalb dieser Schicht findet reine Wärmeleitung statt und erst außerhalb beginnt die Konvektion. Durch die Grenzschichttheorie wird das Problem des Wärmeüberganges durch Leitung und Konvektion auf ein reines Wärmeleitungsproblem zurückgeführt.

Zu der Behandlung der Schaltstückfragen sind einige Anmerkungen notwendig. Auf S. 48 erklärt der Verfasser das günstigere Verhalten des Silbers gegenüber Kupfer hinsichtlich der Abnutzung durch die bessere Leitfähigkeit des Silberoxydes; nicht diese Leitfähigkeit ist aber entscheidend, sondern die Tatsache, daß bei Edelmetall die in einem Schaltstück gelösten Stoffe durch feste Verbindung mit dem Gegenschaltstück zurückgewonnen werden, insbesondere beim Einschaltprozeß<sup>1</sup>. Die auf der einen Seite bei Silber gelöste Stoffmenge ist in Wirklichkeit sogar meist größer als die bei Kupfer gelöste. Weiterhin könnte auf S. 48 der Hinweis auf die Arbeit von Henker so gedeutet werden, als ob grundsätzlich Silberlegierungen besser sind als Reinsilber, was keineswegs zutrifft<sup>2</sup>. Auf S. 50 ist angegeben, daß die Lebensdauer von Silberschaltstücken etwa doppelt so groß ist wie die eines Kupfertast-Schaltstückes. Dieses Verhältnis ist viel zu bescheiden, hier müßte mindestens 10:1 stehen.

Auf S. 55 ist darauf hingewiesen, daß in einigen Ländern Preßstoffe u. dgl. nicht immer als Isolatoren zulässig sind, man aber bei normalen Räumen keine Bedenken zu haben brauche. Es wäre zweckmäßig gewesen, an dieser Stelle das Kriechwegproblem zu erörtern. Die Kriechstromanfälligkeit hängt sehr stark von der Harzart ab, naturgemäß auch von den Füllstoffen, die Kriechstromfestigkeit weiterhin von der Konstruktion; dagegen ist eine gewisse Wasseraufnahme des Werkstoffes nicht das entscheidende Merkmal. Die Bemerkungen auf S. 61 zur Doppelunterbrechung je Phase bei vielen Schaltgeräten, insbesondere Schützen, könnten so gedeutet werden, als ob bei der Vielfachunterbrechung das Abschaltfeuer durch mangelnde Blaswirkung

<sup>1</sup> H. Franken: Untersuchungen über Schaltstückverschleiß. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) S. 145. H. Franken: Silber im Schaltgerätebau. Elektrotechniker 1 (1949) S. 73.

<sup>2</sup> H. Franken: Schaltstückstoffe für Motorschaltgeräte, unter besonderer Berücksichtigung von Feinsilber und Kadmiumsilber. VDE-Jahresversammlung Köln, 1950 — Fachbericht.

weniger beherrscht würde. Tatsächlich sind aber die Eigenblaskräfte meist schon sehr hoch und im übrigen könnte man Blasspulen in Verbindung mit Zweifachunterbrechung unschwer anbringen.

Dem Werk ist eine weite Verbreitung zu wünschen, damit die Kenntnisse über die oft als nebensächlich betrachteten Schaltgeräte, von denen die Betriebsfähigkeit der Produktionseinrichtungen abhängt, umfassender werden.

H. Franken

DK 536 (022.4)

**Leitfaden der Technischen Wärmelehre.** Von Dr.-Ing. habil. Hugo Richter. Mit 617 S., 384 B., 104 Taf., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 34,50.

Je mehr sich die Elektrotechnik der Nutzenwendungen der technischen Thermodynamik bedient, desto stärker muß sich der Elektroingenieur auch mit dieser Materie befassen. Dazu gehören, um nur einige Beispiele zu nennen, die Probleme der Kühlung von Transformatoren, der Luft- und Wasserstoffkühlung von Generatoren, die Gesetze der Strömung durch Düsen bei Expansionsschaltern, die Anwendung des CO<sub>2</sub>-Schutzes bei elektrischen Anlagen, das Gebiet der Elektrowärme mit ihren oft komplizierten Fällen der Wärmeübertragung, die Vorgänge in Dampf- und Gasturbinen, in Kompressions- und Absorptionskältemaschinen der Elektro-Kühlschränke und schließlich eine hinreichend genaue Kenntnis des Wärmekreislaufs in Elektrizitätswerken. Es ist daher zu begrüßen, wenn in dem obigen großangelegten Buch, das in erster Linie für den Maschinen- und Wärmeingenieur bestimmt ist und dessen Inhalt und Umfang weit über den Rahmen eines bloßen „Leitfadens“ hinausgeht, auch der Elektroingenieur sich schnell und ohne Spezialvorkenntnisse über die ihn interessierenden Fragen orientieren kann. Der Verfasser gibt zunächst in einem Teil A die wichtigsten theoretischen Grundlagen über die Eigenschaften und das Verhalten der gas- und dampfförmigen Stoffe, um dann im Teil B die vielseitigen Nutzenwendungen der gewonnenen Erkenntnisse zu zeigen, wobei für den Elektroingenieur u. a. die Aufgliederung der praktisch erreichbaren Wirkungsgrade von Wärmekraftmaschinen, Dampfkesseln und Kraftwerken wertvoll ist. Das Werk umfaßt alle für den Ingenieur wichtigen Gebiete der Wärmetechnik, so daß auf eine ausführliche Inhaltsangabe hier verzichtet werden möge. Wesentlich ist, daß das technische Maßsystem streng in m-, kg- und s-Einheiten durchgeführt ist, so daß der Lernende vor Dimensionsfehlern bewahrt wird. Das Buch ist in allen Teilen flüssig und leicht verständlich geschrieben, zahlreiche Abbildungen, Diagramme und gut gewählte Berechnungsbeispiele sind eine wertvolle Hilfe. Es eignet sich für das Selbststudium und für den Unterricht an technischen Hoch- und Mittelschulen, wird aber auch in Berechnungsbüros und im Kraftwerksbetriebe wegen seiner Vielseitigkeit und seiner guten Zahlen- und Tabellenwerte ein willkommener Helfer sein. Druck und Ausstattung sind wie stets beim Springer-Verlag vorzüglich.

H. Voigt

DK 66.017 (023.3)

**Kurzgefaßte Werkstoffkunde.** Von P. Schimpke. 2. Aufl. 162 S., 26 B., 2 Taf., Format 14×21 cm. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1950. Preis geb. DM 5,50.

Die Absicht des Verfassers, auf geringstem Raum ein hohes Maß an Überblick und Einzelangaben über das zu geben, was der Ingenieur von den gebräuchlichsten Werkstoffen unbedingt wissen möchte, ist in der „Kurzgefaßten Werkstoffkunde“ mit Erfolg verwirklicht worden. Der kleine, seit 1948 bereits in zweiter, etwas ergänzter Auflage erschienene Band, der im wesentlichen auf Abschnitte der vom gleichen Verfasser stammenden „Technologie der Maschinenbaustoffe“ zurückgreift, vermittelt nach einigen grundsätzlichen Angaben über die Werkstoffherzeugung die wichtigsten Kenntnisse über Eigenschaften und Verwendung der Werkstoffe und behandelt außer Eisen- und Nichteisenmetallen auch sonstige technisch bedeutsame Werkstoffe wie Holz, Steine, Gummi, Leder und Kunststoffe. Die straffe Zusammenfassung kann den umfangreichen Stoff natürlich nicht erschöpfend behandeln und wird deshalb durch Hinweise auf das wichtigste Schrifttum vorteilhaft ergänzt. Das Buch wird sowohl für den Studierenden als auch für den Ingenieur der Praxis von Nutzen sein.

K. Nagel

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**25 Jahre VEW (1925—1950).** Mit 141 S., zahlr. B. u. Taf., Format DIN A 4, Kunstdruckpapier. Hrg. Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG., Dortmund 1950.

[Die Festschrift gibt in zahlreichen Einzelaufsätzen einen Überblick über die technischen und baulichen Anlagen der VEW, über die Kriegschäden und deren Beseitigung sowie über die sozialen Einrichtungen des Werkes. Gleichzeitig stellt das hübsche Büchlein einen Rechenschaftsbericht über die Leistungen der vergangenen 25 Jahre dar.] R

**Wie empfangen ich die deutschen und die anderen europäischen Rundfunksender.** Hrg. Deutsche Postreklame. Mit 95 S., Format DIN A 5. Preis geb. DM 0,40.

[In allen Postämtern kann man das kleine Heftchen kaufen, mit dem die Deutsche Post dem Rundfunkhörer die nach dem neuen Wellenplan bestehenden Empfangsmöglichkeiten zeigen will. Neben Senderzeichnungen nach dem Alphabet und den Ländern geordnet, enthält die Schrift vor allem eine fast 50 Seiten lange Liste aller Stationen, zu denen für die verschiedenen deutschen Landesteile und drei Empfängerarten die Empfangsverhältnisse angegeben sind. Eine Schablone, die man nach den persönlichen Gegebenheiten einklebt, erlaubt dem Benutzer eine schnelle Übersicht.] R

**Die Stimme des Verbrauchers.** Zeitschrift für denkende Käufer. Hrg. I. A. d. Ges. f. Konsumforschung e. V. u. d. Inst. f. Absatz- u. Verbrauchsforsch. Erscheint in unregelmäßiger Folge. Sinwell-Verlag, Nürnberg 1950. Heft 2 (1950) mit 50 S., Format 17×24 cm. Preis DM 0,50.

[Die neue Zeitschrift will eine neutrale Stelle zwischen Erzeuger und Verteiler einerseits und dem Käufer andererseits sein. Dem Anbietenden sollen die wirklichen Urteile der Verbraucher gezeigt, dem Käufer die Argumente der Hersteller nahegebracht werden. Das vorliegende Heft mit einigen kleinen Aufsätzen, Meinungsäußerungen von beiden Seiten und Berichten aus dem praktischen Leben zeigt, daß die „Stimme des Verbrauchers“ den gewählten Weg mit Erfolg beschreitet.] R

**Betriebs- und Werkstatt-Rezepte.** Von F. W. Rummel. Mit 472 S. einigen B. u. zahlr. Taf., Format 15×21 cm. Georg Siemens Verlagshandlung, Berlin und Bielefeld 1950. Preis Hlw. DM 24,50.

**Du Pont Rubber Chemicals, Colors and Neoprenes.** Report No. 50—2. Mit 194 S., Format 17×23 cm. Rubber Chemicals Division, E. I. du Pont de Nemours & Co. (Inc.), Wilmington 98, Delaware (USA) Aug. 1950.

**Praktische Funktionenlehre.** Von Friedrich Tölk. 1. Bd.: Elementare und elementare transzendente Funktionen. 2., stark erw. Aufl. Mit 440 S., 178 B., Format 20×27 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 39,—.

**Messung und Berechnung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten aller Art.** Von H. Laporte. (Bd. 4 d. Taschenbücher d. prakt. Physik f. Naturwissensch. u. Ingenieure). Mit 150 S., 180 B., Format: 12×17 cm. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1950. Preis kart. DM 8,—.

**Regeltechnik.** Von Kurt Seidel. Mit 69 S., 37 B., 8 Taf., Format 16×25 cm. Verlag Franz Deuticke, Wien 1950. Preis DM 6,—.

**Einfache Getriebe.** Von Dr.-Ing. Karl-Heinz Sieker. (Bd. 15 d. Lehrbücher der Feinwerktechnik). Mit 287 S., 441 B., Format DIN A 5. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1950. Preis kart. DM 22,—.

**Archiv für Elektrotechnik (1950) Heft 1.** Inhalt: E. Flegler, Oxydische Ferromagnetstoffe; W. Fucks, Rückwirkung und Ähnlichkeitsbetrachtungen bei der Zündung der elektrischen Gasentladung; W. Wolman, Die Ebnung der Wellendämpfung im Durchlaßbereich von Siebketten; H. Böcker, Über die Minimalspannung und den Entladungsvorgang beim Überschlag mit Wechselspannung in feuchter Druckluft; H. Klamper, Einige Neuentwicklungen auf dem Gebiet der Speicherröhren; R. Straub, Ein neuer Quotientenmesser für das Elektronenmikroskop; A. Hersping, Eine Methode zur Messung kleiner Induktivitäts- und Kapazitätsänderungen (Metallsucher).

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

F. Carqué, Karlsruhe, Hirschstr. 119/II  
O. Ganagl, San Cristobal (Venezuela), Apartado 202  
Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Wuppertal-Vohwinkel, Rubensstr. 4  
Dipl.-Ing. H. Happoldt, Viernheim, Goethestr. 15  
W. Mennertich, Siemens & Halske AG., Heidenheim, Brenz  
Dipl.-Ing. K. Roewer, Vorwerk & Co., Wuppertal-Barmen, Karolinenstraße  
A. Thewalt, Stuttgart, Fichtestr. 12  
Dr.-Ing. W. Schneider, München 19, Nymphenburgerstr. 213/1  
Dr. Dr. H. Solling, Nürnberg, Bismarckstr. 44  
Dipl.-Ing. K. Spaderna, Göttingen, Eiswiese 11

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Firma Anton Klein, Berlin-Tempelhof, bei.

Abschluß des Heftes: 18. Dezember 1950

Schriftleitung: G. H. Winkler (für den Inhalt verantwortlich) und K. A. Egerer. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal: Elberfeld, Brillier Str., 99Postfach 667, Fernruf 377 08.

Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111. Postfach 667, Fernruf 379 59.

Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr).

Druck: F. W. Rubens, Unne i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. Januar 1951

Heft 2

## Steuern und Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyatron

(Mitteilung aus den Laboratorien der Pintsch-Elektro G. m. b. H.)

Von Artur Grün, Konstanz

DK 621.313.13.077.65

**Übersicht.** Ohne Einzelheiten zu bringen, soll der Aufsatz die wesentlichen und grundsätzlichen Probleme der sog. elektronischen Motorsteuerung andeuten. Eine eingehendere Darstellung einzelner Fragen sowie der Schaltungen bleibt späteren Ausführungen vorbehalten.

Die Betriebseigenschaften des Gleichstrom-Nebenschlußmotors machen diesen zu einem idealen Antriebsmotor für stufenlos zu steuernde Antriebe, wenn es gelingt, die Ankerspannung bei erträglichen Verlusten kontinuierlich zu verändern. Legt man sein Feld nach Bild 1 an eine konstante Spannung, so ist, abgesehen von Nebenwirkungen, der Fluß  $\Phi$  konstant und daher die EMK  $E$  proportional der Drehzahl  $n$

$$E = C_1 \Phi n. \quad (1)$$

Da die EMK sich nur um den im allgemeinen kleinen Ankerspannungsabfall  $IR$  von der Ankerspannung  $U$  unterscheidet, ist auch diese annähernd der Drehzahl proportional, und für die Drehzahl selbst erhält man aus (1):

$$n = \frac{E}{C_1 \Phi} = \frac{U - IR}{C_1 \Phi}. \quad (2)$$

Gelingt es, die Ankerspannung  $U$  (oder die EMK einer Spannungsquelle mit genügend kleinem Innenwiderstand) stufenlos von kleinsten Werten bis zum Nennwert zu verändern, so erhält man einen in der Drehzahl praktisch von Null an steuerbaren Antrieb, wie er z. B. als Leonard-Antrieb allgemein bekannt geworden ist.

Die Ankerspannung eines Gleichstrommotors läßt sich nun außer mit einem Leonard-Umformer auch über Gleichrichterröhren aus dem Wechselstromnetz erzeugen. Gasgefüllte Gleichrichter sind wegen ihres hohen Wirkungsgrades hierzu besonders geeignet. Die bei der Zündung entstehende Ionenwolke bewirkt im Gegensatz zur normalen Hochvakuum-Elektronenröhre einen konstanten Spannungsabfall zwischen Anode und Kathode unabhängig vom Strom. Diese

sog. Bogenspannung ist zur Aufrechterhaltung der Entladung erforderlich und beträgt bei Röhren mit Hg-Füllung etwa 15 V. Versieht man solche Ionenröhren auch noch mit einem Steuergitter, mit dem man den Einsatz der Entladung, also den Zündwinkel steuern kann, so hat man in solchen sog. Thyatron steuerbare Ventile mit sehr kleinen Verlusten.

Ein entscheidender Vorteil dieser praktisch leistungslos steuerbaren Röhren ist nun, daß man sie leicht auch mit einer Steuer- und Regelschaltung kombinieren kann, die ein erwünschtes Regelkennlinienfeld herzustellen gestattet. Man benutzt hierzu normale Verstärkerröhren, also Elektronenröhren, in Schaltungen, deren Elemente wegen der kleinen sie durchfließenden Steuerströme sehr klein bemessen werden können, womit mannigfache Vorteile hinsichtlich der Bedienung und Automatisierbarkeit verbunden sind.

Für viele Zwecke hat sich ein Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinienfeld, wie es Bild 2 zeigt, als zweckmäßig erwiesen. Eine mit einem solchen Antrieb ausgerüstete Maschine, deren Steuergerät Bild 3 zeigt, kann mit einer einfachen Druckknopfschaltung ohne besonderen Anlasser eingeschaltet werden. Bei zunächst noch stillstehendem Motor fließt der eingestellte Maximalstrom so lange, bis der Motor auf die vorgewählte Drehzahl hochgelaufen ist. Liegt das Lastmoment innerhalb des horizontalen Bereiches der Drehzahlkennlinie, dann ist die sich einstellende Drehzahl unabhängig von der Größe der Last praktisch konstant. Bei Belastungszunahme kann der Strom ebenfalls niemals über den eingestellten Begrenzerstrom ansteigen. So kann der Antrieb auch während des Betriebes blockiert werden, ohne daß Röhren, Motor oder Teile der Arbeitsmaschine über-

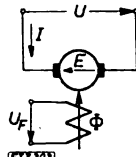


Bild 1. Gleichstrom-Nebenschlußmotor.

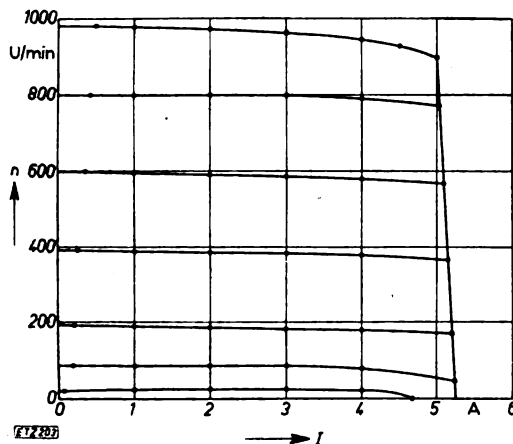


Bild 2. Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinienfeld einer Einphasensteuerung.

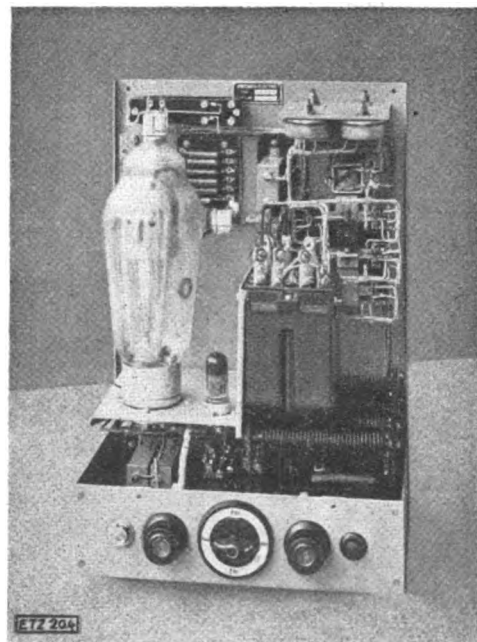


Bild 3. Steuergerät einer Einphasensteuerung.

lastet werden können. Nach Aufhebung der Überlast läuft der Motor sofort wieder auf die eingestellte Drehzahl hoch.

Die Verwendung gittergesteuerter Gleichrichter zur stufenlosen Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren ist an sich schon lange bekannt. Solche Gleichrichteranlagen wurden bereits vor dem Kriege für die Steuerung großer Walzwerksmotoren und anderer großer Einheiten in Deutschland gebaut<sup>1</sup>. Für mittlere und kleine Leistungen, wie sie zum Antrieb von Werkzeugmaschinen notwendig sind, fehlte es bisher an betriebssicheren Röhren mit genügend langer Lebensdauer. Statt der für große Leistungen bewährten Gefäße mit Quecksilbersumpf als Kathode wurden besonders in Amerika für Ströme in der Größenordnung von 5 ... 10 A Röhren mit indirekt geheizten Kathoden entwickelt und in großem Umfang angewandt. Diese Röhren haben heute eine Lebensdauer von 5 ... 10 000 h. Dazu kommt jedoch die Entwicklung der oben angedeuteten Steuer- und Regelschaltungen, die die Bedienung solcher Anlagen sehr vereinfachen und ihnen andererseits für viele Zwecke sehr erwünschte Betriebseigenschaften geben.

Zur Auslegung der hierfür erforderlichen Regeleinrichtungen ist nun zunächst die Kenntnis der Steuerkennlinien erforderlich. Als Steuerkennlinien bezeichnen wir die Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien bei fester Ankerspannung, die also nach Gl. (2) entsprechend dem Ankerspannungsabfall  $I R$  absinken, wenn man von Nebenwirkungen innerhalb des Motors absieht, bzw. die entsprechenden Kennlinien für Thyatronsteuerung bei konstantem Zündwinkel.

Zu ihrer Ermittlung ist es notwendig, den Stromverlauf näher zu untersuchen. Wir betrachten zunächst die einfache Einphasenschaltung Bild 4. Das Thyatron oder Stromtor ist ein Gasentladungsgefäß, das als steuerbares Ventil wirkt. Macht man das in ihm enthaltene Gitter genügend negativ gegenüber der Kathode, so sperrt das Thyatron, auch wenn eine positive Spannung an der Anode liegt. Mit einer einfachen Steuerschaltung (Bild 4), die aus der Überlagerung einer gegenüber der Anodenwechselspannung um  $90^\circ$  phasenverschobenen Gitterwechselspannung  $U_{g\sim}$  und einer mit dem Potentiometer einstellbaren Gittergleichspannung  $U_g$  besteht, läßt sich der Zündpunkt durch Vertikalverschiebung der Gitterwechselspannung verschieben. Es gibt noch viele andere Steuerungen, die alle darauf hinauslaufen, den Zündwinkel zu verändern.

Der sich ausbildende Strom richtet sich nach dem Verlauf der Anodenwechselspannung, dem Zündwinkel und der Belastung. Ist diese rein ohmsch, so springt der Strom im Zündmoment auf den zugehörigen Wert  $i = u/R$  und ändert sich proportional mit dem Augenblickswert der Span-

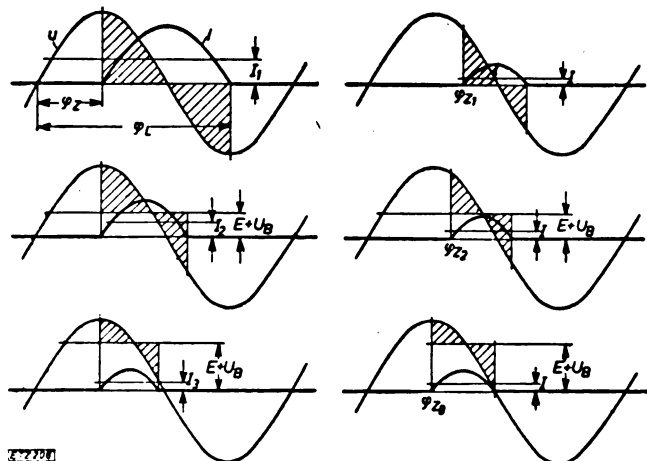


Bild 5. Stromverlauf bei konstantem und veränderlichem Zündwinkel bei verschiedenen Gegenspannungen.

<sup>1</sup> Vgl. z. B. ETZ 60 (1939) S. 1081.

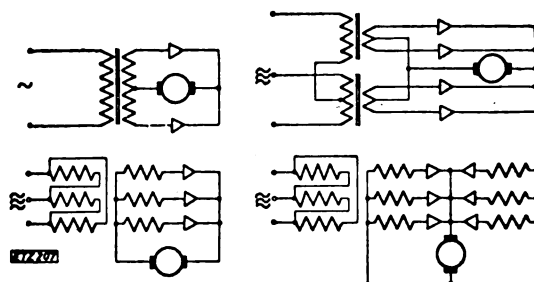


Bild 6. Zwei-, Drei-, Vier- und Sechphasenschaltung.

nung, bis die Spannung unter die Bogenspannung gefallen ist und die Gasentladung erlischt. Bei induktiver Belastung steigt der Strom vom Zündmoment mehr oder weniger langsam an, um über den Phasenwinkel  $180^\circ$ , bei dem die Spannung durch Null geht, hinaus zu brennen. Der Strom

$$i = \frac{1}{L} \int_{\varphi_Z}^{\varphi_L} u d\varphi \quad (3)$$

erlischt, wenn das Integral Null wird, d. h., wenn bei rein induktiver Last die Flächen unter und über der Spannungskurve, in Bild 5 schraffiert gezeichnet, gleich geworden sind.  $u$  ist in Gl. (3) der Augenblickswert der Spannung, die an der Last liegt. Von der Transformatorspannung geht also noch der Brennspannungsabfall ab und gegebenenfalls die Gegen-EMK, wie in Bild 5 angedeutet.

Der Anker eines Gleichstrommotors stellt im allgemeinen eine induktive Last mit Verlusten und einem  $\tan \psi = \omega L/R = 2 \dots 10$  dar, wobei  $R$  der ohmsche und  $\omega L$  der mit 50 Hz gemessene induktive Ankerwiderstand ist. Der Strom hat infolgedessen etwa den in Bild 5 gezeichneten Verlauf.

Wie erwähnt, hängt der Strom außer von dem Belastungswiderstand auch noch von der Gegen-EMK ab, da ja für die den Strom erzeugende Spannung nur die Differenz zwischen Augenblickswert der Anodenwechselspannung und dieser Gegenspannung zur Verfügung steht, wenn man von dem konstanten Brennspannungsabfall von etwa 15 V absieht. Läßt man den Zündwinkel konstant, so wird der Gleichstrommittelwert  $I$  um so kleiner werden, je höher diese Gegenspannung ist, wie es Bild 5 links zeigt. Will man trotz der veränderlichen Gegenspannung den gleichen Strom  $I$  haben, so muß man, wie in Bild 5 rechts, den Zündwinkel verschieben.

Die Schaltung Bild 4 läßt sich in bekannter Weise erweitern zu 2-, 3-, 4- und 6-Phasenschaltungen, wie sie Bild 6 zeigt. Während beim Einphasenbetrieb der Strom auch bei rein induktiver Last immer wieder auf Null gehen muß, kann es beim Zweiphasenbetrieb vorkommen, daß der Stromflußwinkel gleich  $180^\circ$  wird. Dann geht der sog. lückende Betrieb in den kontinuierlichen über. Da die Stromflußdauer für kontinuierlichen Betrieb  $2 \pi/m$  ist, wird dieser Zustand um so früher eintreten, je größer die Phasenzahl  $m$  ist.

Für das Drehmoment entscheidend ist nur der Gleichstrommittelwert  $I$  des mehr oder weniger welligen Motorstromes. Diesen kann man für die verschiedenen möglichen Belastungszustände bestimmen, womit man z. B. für den lückenden Betrieb die ausgezogenen Kennlinien von Bild 7 erhält. Hier ist der Gleichstrommittelwert abhängig vom Zündwinkel für verschiedene Werte von  $\cos \psi$  und bei drei verschiedenen Drehzahlfaktoren  $a$  aufgetragen. Dabei ist dieser Drehzahlfaktor  $a$  gleich dem Verhältnis aus der Summe von Gegenspannung und Bogenspannung zum Scheitelwert der Anodenwechselspannung, also  $a = (E + U_f)/u$ . Seine Bezeichnung ist wohl klar, da die höchste Drehzahl offenbar erreicht wird, wenn EMK plus Bogenspannung (eigentlich Ankerspannung plus Bogenspannung) gleich dem Scheitelwert der Anodenwechselspannung ist, wobei dieser Grenzwert  $a = 1$  natürlich praktisch nie erreicht wird.



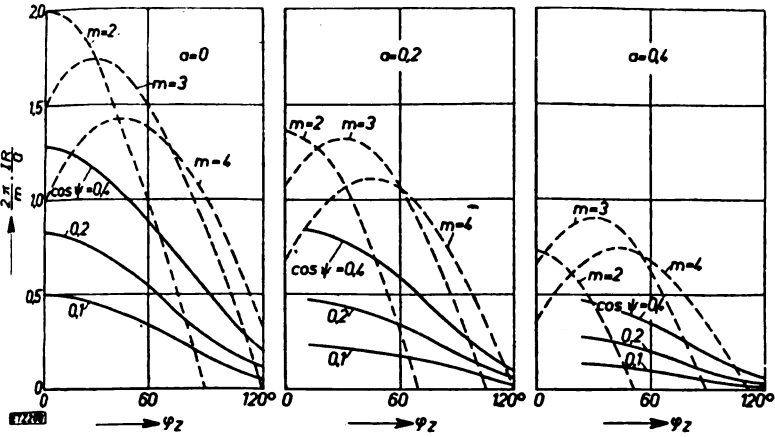


Bild 7. Reduzierte Ankerstrom-Kennlinien in Abhängigkeit von Zündwinkel, Drehzahlfaktor, Phasenzahl und cos ψ.

Der Wert für cos ψ schwankt bei ausgeführten Motoren entsprechend ihrem tg ψ zwischen 0,1 und 0,4. Im Strommaßstab der Ordinate  $2\pi/m \cdot IR/\hat{u}$  sind die Phasenzahl m, der Scheitelwert der Transformatorspannung  $\hat{u}$  und der Ankerwiderstand R enthalten, von denen der Strom also noch abhängt.

Im Gegensatz zum lückenden Betrieb<sup>1</sup> ist die Ermittlung des Gleichstrommittelwertes bei kontinuierlichem Stromverlauf einfach. Man bestimmt dazu den linearen Mittelwert der Gleichspannung U, die praktisch nur eine Funktion des Zündwinkels ist. Im Falle der m-Phasenschaltung ist der Stromflußwinkel für kontinuierlichen Betrieb

$$\varphi_L - \varphi_Z = \frac{2\pi}{m}$$

und die Gleichspannung daher:

$$U = IR = \hat{u} \cdot \frac{m}{2\pi} \cdot \int_{\varphi_Z}^{\varphi_L} (\sin \varphi - a) d\varphi \quad (5)$$

$$= \hat{u} \cdot \left[ \frac{m}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{m} \cdot \sin \left( \varphi_Z + \frac{\pi}{m} \right) - a \right]$$

Für m = 2, 3 und 4 erhält man damit die in Bild 7 gestrichelt gezeichneten Zusammenhänge zwischen der Gleichspannung U und dem Zündwinkel φ<sub>Z</sub> bei verschiedenem Drehzahlfaktor a. Da der Löschwinkel unabhängig von der Höhe und Art der Belastung und immer φ<sub>L</sub> = φ<sub>Z</sub> + 2π/m ist, sind diese Kennlinien unabhängig von der Belastung. Sie gehen allerdings nicht, wie in Bild 7 gezeichnet, bis I = 0, sondern beim Schnitt mit den Kennlinien für lückenden Strom gehen sie über in diese, wie es Bild 8 für einen bestimmten Belastungsfall zeigt. Dieser Übergang erfolgt natürlich um so früher, je größer die Phasenzahl m ist.

Aus solchen Kennlinien kann man nun die gesuchten Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien in bezogenen Maßstäben gewinnen, für die Bild 9 ein aus Bild 8 erhaltenes Beispiel gibt. Wie man sieht, haben diese Kennlinien einen Knick. Will man eine Regelschaltung mit solch einer Steuerung aufbauen, so wird man dafür sorgen, daß man sich möglichst innerhalb der stetigen

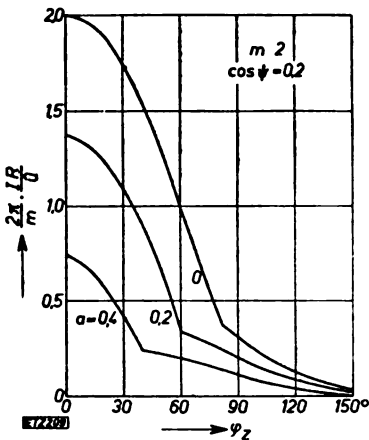


Bild 8. Ankerstrom als Funktion des Zündwinkels für m = 2 und cos ψ = 0,2.

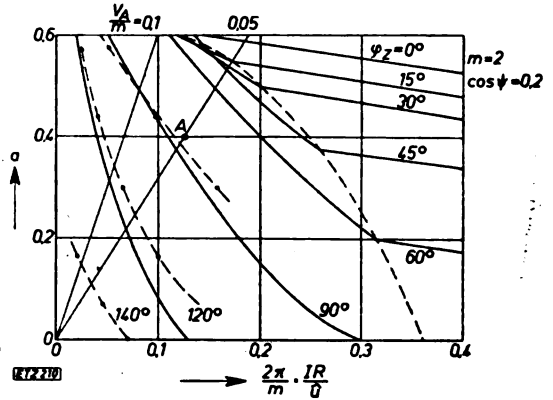


Bild 9. Reduzierte Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien des Beispiels Bild 7.

Bereiche bewegt, weil der un stetige Übergang vom lückenden zum kontinuierlichen Betrieb leicht Pendelungen hervorruft. Das bedeutet, daß man in diesem Falle im Bereich lückenden Stromes bleiben wird.

Man kann aber auch, was für manche Zwecke vorteilhaft ist, mit Hilfe einer Drossel den Wert für tg ψ vergrößern, d. h. cos ψ verkleinern, und erhält dann z. B. für cos ψ = 0,01 das Kennlinienfeld nach Bild 10. In diesem ist der lückende Bereich sehr weit zu kleinen Strömen hin verschoben. Dimensioniert man die Drossel so, daß der größte lückende Strom gleich dem Leerlaufstrom an dieser Stelle ist, so hat man eine Steuerung mit kontinuierlichem Strom im ganzen Bereich.

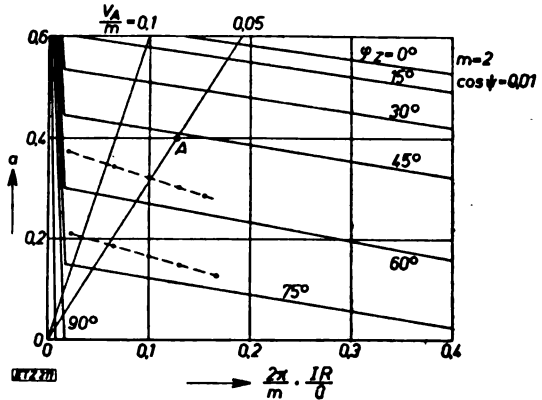


Bild 10. Reduzierte Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien mit Drossel im Ankerkreis.

Führt man in den bezogenen Strommaßstab den Drehzahlfaktor  $a \approx U/\hat{u}$  ein, so erhält man

$$\frac{2\pi}{m} \cdot \frac{IR}{\hat{u}} = \frac{2\pi}{m} \cdot \frac{I_N R}{\hat{U}_N} \cdot \frac{I}{I_N} \cdot a_N = 2\pi \cdot \frac{V_A}{m} \cdot \frac{I}{I_N} \cdot a_N \quad (6)$$

Hierin ist V<sub>A</sub> die auf die Nennleistung bezogene Ankerverlustleistung bei Nennstrom.

Die Schnittpunkte der in Bild 9 und 10 eingezeichneten Geraden mit den Steigungen  $m/2\pi \cdot V_A$  mit den Horizontalen durch  $a = a_N$  ergeben die bei konstantem Drehzahlfaktor von den Ankerverlusten und der Phasenzahl abhängigen Arbeitspunkte A bei Nennbetrieb. Ihre Lage im Diagramm läßt übersichtlich erkennen, ob lückender oder kontinuierlicher Betrieb vorliegt bzw. wie die Transformatorspannung gewählt oder Motor und Drossel bemessen werden müssen, um zu dem gewünschten Betriebsverhalten zu kommen. Gemessene Kennlinien ohne und mit Drosseln, die den errechneten Ver-

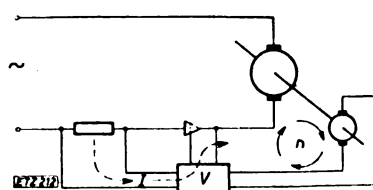


Bild 11. Prinzipbild einer Steuer- und Regelschaltung.

halten zu kommen. Gemessene Kennlinien ohne und mit Drosseln, die den errechneten Ver-

<sup>1</sup> Die Ermittlung der Steuerkennlinien für diesen Fall ist für einen späteren Aufsatz vorgesehen.

lauf bestätigen, sind in Bild 9 und 10 gestrichelt eingezeichnet.

Die so ermittelten Kennlinien bilden die Grundlage für den Entwurf der Steuer- und Regelschaltungen. Der Drehzahlabfall mit steigender Belastung, der je nach der Schaltung ganz verschieden sein kann, soll mit ihrer Hilfe verkleinert werden. Die Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien sollen sogar häufig möglichst horizontal verlaufen. Man braucht dazu zunächst eine der Drehzahl proportionale Spannung, wie sie entweder eine Tachometerdynamo liefert oder auch annähernd die Ankerspannung darstellt. Änderungen der Drehzahl sollen z. B. über einen Verstärker  $V$ , wie er in Bild 11 angedeutet ist, und ein Ventil, hier also ein Thyatron, den Strom so steuern, daß die Abweichungen von einem im Regelverstärker eingestellten Sollwert möglichst klein bleiben. Bezeichnet man das Verhältnis der Schwankung einer zu regelnden Größe mit Regler zu der ohne Regler als Regelgrad  $R$ , so ist mit der Verstärkung  $v$  des aufgeschnittenen Regelkreises

$$R = \frac{1}{1+v} \quad (7)$$

Man kann mit einer solchen Regelschaltung niemals eine absolute Drehzahlkonstanz, d. h. den Regelgrad Null erreichen, weil dies  $v = \infty$  voraussetzen würde. Diesen Tatbestand kann man auch so formulieren, daß immer eine gewisse Drehzahlabweichung zum Steuern des Regelkreises übrig bleiben muß, diese daher niemals Null werden kann.

Nun wird die Regelung bei größer werdender Verstärkung des Regelteils immer schwieriger, weil der durch die ausgezogenen Pfeile in Bild 11 angedeutete Regelkreis einen Rückkopplungsweg darstellt, der unter bestimmten Bedingungen, besonders bei großer Verstärkung, leicht selbsterregte Schwingungen ausführen kann. Auch wenn die Rückkopplung noch nicht zur Selbsterregung führt, können die mehr oder weniger gedämpften Schwingungen, das bekannte Pendeln von Reglern in ähnlichen Schaltungen, schon störend wirken. Um dieses Pendeln infolge der Regelung zu vermeiden, verwendet man bei mechanischen Reglern Dämpfungen und Rückführglieder, für die es elektrisch äquivalente Schaltungen gibt. In unserem Falle treibt man aus diesem Grunde auch die Verstärkung des Regelkreises nicht allzu weit, behält damit also noch eine gewisse Neigung der Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien bei. Mit einer vom Strom abhängigen Steuerschaltung, die gleichfalls in Bild 11 angedeutet ist, hebt man dann das ganze Kennlinienfeld proportional dem Strom an. Voraussetzung hierfür ist natürlich ein annähernd geradliniger und paralleler Verlauf der Drehzahlkennlinien.

Diese häufig als Vorwärtsregelung oder indirekte Regelung bezeichnete Schaltung ist eigentlich eine Steuer- oder Kompensationsschaltung, da sie nicht den für einen Regler charakteristischen Regelkreis aufweist. Infolgedessen kann sich eine solche Schaltung auch nicht selbst erregen, und man kann mit ihr sogar ansteigende Drehzahl-Ankerstrom-Kennlinien erzeugen; es ist also eine sog. Überkompensation möglich, falls der Motor selbst dies zuläßt.

Das ist nun im allgemeinen nicht der Fall. Läuft der Motor bei einer bestimmten Last mit konstanter Geschwindigkeit,

dann besteht Gleichgewicht zwischen Motormoment und Lastmoment. Fällt die Drehzahl gemäß der Motorkennlinie mit zunehmendem Strom ab und steigt die Kennlinie für das Lastmoment wie üblich an (z. B. wegen der im allgemeinen mit der Drehzahl zunehmenden Reibungs- und Lüftungsverluste), so ergibt sich ein stabiler Schnittpunkt beider Kurven wie in Bild 12. Bei einer kleinen Drehzahländerung ist das entstehende Differenzmoment so gerichtet, daß der Arbeitspunkt  $A$  wieder erreicht wird. Steigen dagegen, wie in Bild 13, die Motorkennlinien leicht an, so ist jetzt der Arbeitspunkt  $A$  nicht mehr stabil. Schon kleine Drehzahländerungen nach oben oder unten lassen den Motor hochlaufen oder stehenbleiben bzw. pendeln in Verbindung mit einer Steuer- und Regelschaltung wie oben beschrieben, so daß der Antrieb für praktische Verhältnisse unbrauchbar wird.

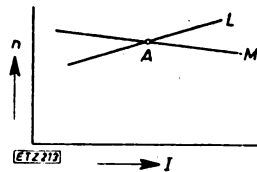


Bild 12. Motor- und Lastkennlinien bei stabilem Betrieb.

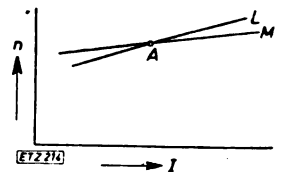


Bild 13. Motor- und Lastkennlinien bei instabilem Betrieb.

Neben diesen rechnerisch weitgehend beherrschbaren Überlegungen spielen bei der Einführung dieser Steuerungsart Erwärmungs- und Kommutierungsfragen der Gleichstrommotoren eine große Rolle. Der mehr oder weniger wellige Gleichstrom verursacht zusammen mit der bei selbstlüftenden Motoren bei kleinen Drehzahlen verschlechterten Kühlung höhere Temperaturen, die durch Überbemessung oder Maßnahmen konstruktiver oder technologischer Art in zulässigen Grenzen gehalten werden müssen. Die für eine gute Kommutierung erforderliche Kompensation des Ankerfeldes durch ein Wendefeld läßt sich für welligen Strom nur erreichen, wenn die Wechselstromeigenschaften beider Wicklungen gleich sind. Da die magnetischen Wege nur zum Teil die gleichen sind, zudem der Anker und die Wendepole ihrer eigentlichen Funktion entsprechend ganz verschieden aufgebaut sind, wird sich das pulsierende Ankerfeld bei lückendem Strom nur schlecht kompensieren lassen. Die Folge sind mit der Drehzahl steigende Kommutierungsschwierigkeiten, deren Behebung besondere Maßnahmen erfordert.

### Zusammenfassung

Gesteuerte Gleichrichter gestatten ähnlich wie der Leonard-Antrieb, die Drehzahl von Gleichstrommotoren stufenlos in weiten Grenzen zu verändern. Mit einer zusätzlichen elektronischen Steuer- und Regelschaltung lassen sich nahezu lastunabhängige Drehzahlkennlinien erzeugen. Begrenzerschaltungen erlauben Drehzahlvorwahl und Druckknopfschaltung und erleichtern damit die Automatisierbarkeit solcher Anlagen. Als Grundlage der Planung wird für den Fall des lückenlosen Stromverlaufs die Ermittlung der Steuerkennlinien besprochen. Auf die erforderlichen Regel- und Kompensationsschaltungen sowie auf Stabilitäts-, Ergänzungs- und Kommutierungsfragen beim Motor wird kurz hingewiesen.

### Messeheft 1951 der ETZ

Wie bereits in Heft 23 (S. 658) der ETZ 71 (1950) bekanntgegeben wurde, erscheint am 1. Mai ds. Js. das ETZ-Heft 9 als verstärktes Sonderheft zur Technischen Messe in Hannover. Es soll dem Messebesucher die Übersicht über das auf dem Gebiet der Elektrotechnik Gebotene erleichtern und alle ETZ-Leser auf besonders gute und erfolgreiche technische Lösungen hinweisen.

Die Aussteller der Messe werden aufgefordert, über neue wichtige Erzeugnisse ihrer Fabrikation, soweit sie in

Hannover gezeigt werden, einen kleinen Originalbericht (keine Prospekte oder Aufzählungen der ausgestellten Gegenstände) an die Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, einzusenden. Die Schriftleitung ist für möglichst frühzeitige Einsendung dankbar und setzt den **Einsendeschluß** auf den

15. Februar 1951

fest.

Die Schriftleitung



## Der Elektroingenieur in der Wirtschaftswerbung

Von Otto Vent, Essen

DK 659.1 : 621.3

**Übersicht.** Im heutigen Wirtschaftsleben kommt der jetzt auch bei uns schon hoch entwickelten „Wirtschaftswerbung“ eine außerordentlich beachtliche Stellung zu, obwohl sie bei weitem noch nicht den Stand wie in den USA erreicht hat. Sie ist bereits zu einer vielseitigen Wissenschaft geworden, die man nur nach eingehender Vertiefung in die Materie beherrschen kann. Besonders trifft dies für das Elektrogebiet zu, welches in der Hauptsache Elektroindustrie und Elektrowirtschaft neben Elektrohandwerk und Elektrohandel umfaßt. Die werbenden Elektroingenieure haben sich bisher allmählich in diese Aufgabe hineingefunden, ohne vorher besonders geschult worden zu sein. Dieser Weg dürfte in Zukunft nicht mehr gangbar sein. — Der Aufsatz zeigt, welche Aufgaben der leitende Ingenieur in der Wirtschaftswerbung erfüllen muß und welche Forderungen an ihn gestellt werden. Seine Tätigkeit soll Nachfrage und Aufträge erwirken, die Produktion steigern, dadurch die Erzeugungskosten senken und das wirtschaftliche Ergebnis für den Betrieb und seine Belegschaft sichern.

Die „Wirtschaftswerbung“, die in den USA schon seit langem auf breiter Basis aufgebaut ist und in höchstem Ansehen steht, wird auch bei uns in Deutschland in jüngerer Zeit als volkswirtschaftlich und wirtschaftspolitisch wertvoll anerkannt. Dies kommt z. B. darin zum Ausdruck, daß der „Zentral-Ausschuß für Werbewirtschaft“ gegründet wurde, dem führende Männer des deutschen Wirtschaftslebens angehören. Ferner wurde von diesem der bedeutende „Reklame-Kongreß“ in München veranstaltet, an dem mehrere Bundesminister, der ehemalige Reichskanzler Dr. Luther, leitende Persönlichkeiten von deutschen Spitzenunternehmen aus Industrie und Wirtschaft, Vertreter der Wissenschaft u. a. m. persönlich teilnahmen. Die wirtschaftliche Bedeutung der Werbung, über die nur längere Ausführungen hinreichend Aufschluß geben können, läßt sich aber insofern zahlenmäßig belegen, als die in den USA für Werbezwecke ausgegebene Geldsumme 4,8 Milliarden Dollar im Jahre 1948 gegen 1,6 Milliarden im Jahre 1939 betrug. Das sind Beträge, die im Wirtschaftsleben des Volkes unbedingt eine beachtliche Rolle spielen.

Einleitend sei bemerkt, daß es für das an den verschiedensten Stellen werblich tätige Personal auch ganz verschiedenartige Berufsbezeichnungen gibt, ohne daß hierfür eindeutige Begrenzungen bestehen. Zunächst muß der *Verkäufer* genannt werden, der als fest Angestellter im Fachgeschäft tätig ist, von dem aber keine tieferen Fachkenntnisse verlangt werden, obwohl er an dieser Stelle auch beratend und aufklärend wirkt. Es ist daher eine zweckmäßige Aufgabe für die Elektrizitätswerke, das Personal der Elektrofachgeschäfte entsprechend zu instruieren. Der *Akquisiteur* übt meist den Verkauf (z. B. von elektrischen Staubsaugern) außerhalb der Geschäftsräume seines Auftraggebers aus, und zwar unter Provisionsbeteiligung; er muß nicht unbedingt technisch gebildet sein.

Anders liegen die Verhältnisse bei dem *Akquisitions-Ingenieur*, der auch gegen Provision elektrische Maschinen und Geräte verkauft, die er unter Umständen im Betrieb vorführen muß. Evtl. handelt es sich auch um die Erlangung von Aufträgen zur Ausführung ganzer Anlagen, z. B. um die vollständige Installation von Häusern oder um komplette Pumpsanlagen u. dgl., wofür die Angebote seiner Firma vorliegen. Der *Reise-Ingenieur* verfolgt mehr die Angebote von größeren Objekten, auch an Wiederverkäufer nach auswärts, um die Aufträge hereinzubringen, wobei er fest angestellt ist und dazu u. U. noch Provision erhält.

Für den *Werbe-Ingenieur* sind Stellung und Aufgaben meist schon eindeutig umrissen, insofern er bei seiner Firma fest angestellt ist und hier alle werblichen Angelegenheiten bearbeitet, wobei er gegebenen Falles auch Angebote und Projekte verfolgt. Schon im Jahre 1927 wurde in der Deutschen Bergwerkszeitung für solche Angestellte die Bezeichnung *Vertriebs-Ingenieur* vorgeschlagen. Der Gedanke dürfte gar nicht schlecht sein, um so als Analogon zu Betriebs-Ingenieur beider Gleichwertigkeit auszurücken. — Bei den Elektrizitätswerken wirkt er auch als *reiner Elektro-Berater* der Stromabnehmer über Ta-

riffragen, Beschaffung etwaiger, jedoch von dritter Seite zu beziehender Maschinen sowie deren zweckmäßigen, d. h. wirtschaftlichen Betrieb usw.

Dem *Werbeleiter* untersteht die besondere mehrköpfige Werbeabteilung, die bei größeren Unternehmen einen hochwertigen Ingenieur als ausgesprochenen Werbefachmann an der Spitze hat. Auf die Anforderungen, die an eine solche Persönlichkeit zu stellen sind, sowie die außerordentlich vielseitigen Aufgaben, die sie zu erfüllen hat, ist später noch ausführlicher zurückzukommen, zumal bisher hierüber in der Literatur noch kaum Angaben gemacht sind. Wenn sich die werbliche Tätigkeit lediglich auf die Ausgestaltung der Reklame erstreckt, so spricht man auch von einem *Reklame-Chef*, der dann vielfach Graphiker von Beruf ist. Heute erfolgt aber auch eine allgemeine Beratung in der Werbung von dritter Seite, wofür sich der Beruf eines selbständigen *Werbeberaters* entwickelt hat. — Hiermit ist also zunächst eine Deutung der verschiedenen Berufsbezeichnungen gegeben, die im Zusammenhang mit der Werbung entstanden sind, die aber nicht immer — wie oben schon bemerkt — eindeutig zu umgrenzen sind.

Elektrischer Strom wird aber vielseitig für Licht, Kraft, Wärme und Strahlung in verschiedenen Spannungs- und Leistungsbereichen eingesetzt und jedes dieser Gebiete umfaßt unzählige Einzelheiten. Dazu bildet die Beratung bei Neubauten wieder ein Kapitel für sich, die zweckmäßige Installation und Beleuchtung, die richtige Küchenausstattung, Kühlung, Waschorrichtungen u. dgl. Dieser kurze Überblick soll zeigen, welch ein riesenhaftes Arbeitsfeld der Elektrowerbung offen steht. Damit ist nur angedeutet, welch umfassende Kenntnisse ein solcher Werber zunächst allein auf dem rein elektrotechnischen Wissensgebiet haben müßte, und da das unmöglich ist, befaßt sich ein Spezialist mit Licht- und Beleuchtungstechnik, ein anderer mit dem gesamten Installations- und Vorschriftenwesen, ein dritter mit der Elektrowärme ohne Elektroschweißung usw. Dies ist aber nur die technische Seite der erforderlichen Kenntnisse. Die andere Seite erstreckt sich auf die jeweiligen Anwendungen. Es genügt nicht, daß der Werber über die Maschinen und Geräte sowie deren Betrieb genauestens im Bilde ist, sondern er muß z. B. in Zusammenhang mit der Schweißmaschine auch eingehende Kenntnisse über den zu behandelnden Werkstoff und über die Schweißvorgänge selbst besitzen. Einen Landwirt kann man zur Einführung der elektrischen Melkmaschine nur überzeugen, wenn man über den gesamten Melkvorgang und die Milch- und Viehwirtschaft Bescheid weiß. In Zusammenhang mit der Errichtung neuer Bauernhöfe muß ein Werber die ganzen landwirtschaftlichen Arbeitsvorgänge beherrschen, um bei der Beratung über die elektrischen Anlagen die zweckmäßigste Ausführung vorschlagen zu können. Beispiele dieser Art würden sich noch in Menge anführen lassen. Vorteilhaft wirkt sich für den Fachberater in der Elektrowirtschaft aus, wenn er aus Liebhaberei ein guter Lichtbildner, nicht nur Gelegenheitsknipser ist, der Aufnahmen von interessanten technischen Einzelheiten oder Anlagen machen kann, die werbewirksame Bilder liefern. Auch in der Drucktechnik, Textgestaltung, Zeitungs- und Filmreklame sollte er beschlagen sein.

Dies sind zunächst nur die Grundforderungen auf rein sachlichem Gebiet, die an einen Berater zu stellen sind. Für einen vollendeten Werbefachmann mit Ingenieurausbildung kommen aber noch weitere wesentliche Gesichtspunkte in Betracht. Abgesehen von seinem äußeren Auftreten muß er vor allem in Wort und Schrift gewandt sein, damit er seine an sich technisch richtigen Vorschläge überzeugend darstellen kann. Der Werbefachmann bedarf ferner eines tieferen Verständnisses für die neuzeitlichen Rationalisierungsmaßnahmen, um bei seiner Beratung überall helfend eingreifen zu können. So wird u. a. die Elektroschweißung heute immer

mehr zu einem unmittelbaren Herstellungsverfahren für die verschiedensten Fabrikationszweige und für Reparaturarbeiten. Durch die bei seiner Arbeit gewonnene genaue Kenntnis der von Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft an die Mechanisierung gestellten Forderungen ist der Werbefachmann in der Lage, Anregungen an die Elektroindustrie zu geben und mit ihr zusammen an der Weiterentwicklung elektrischer Maschinen, Geräte und Verfahren zu arbeiten. Dieser Gesichtspunkt für die Tätigkeit des Werbefachmannes ist besonders wichtig, wie schon vor Jahren erzielte Erfolge bestätigen haben.

Bei größeren Elektrizitätsversorgungsunternehmen besteht in der Regel eine mehrköpfige Werbeabteilung mit dem leitenden ideenreichen Werbefachmann an der Spitze, der das ganze Arbeitsprogramm entwickelt, Vorträge, Ausstellungen, Tagungen u. dgl. vorsieht, während seine Hilfskräfte die Ausführung übernehmen. Diese sind gleichfalls Werbefachleute, die aber als Spezialisten für bestimmte Aufgaben ausgebildet sind. Die Werbefachleute bei den EVU sind heute im allgemeinen nur noch als fest Angestellte zur Beratung der Stromabnehmer tätig, so daß für sie die reine Verkaufswerbung nicht mehr in Betracht kommt. Der Verkauf bleibt den Herstellern, Händlern und Installateuren überlassen. Die Gemeinschaftsorganisation der EVU hat noch die Aufgabe, die Erfahrungsberichte ihrer Mitglieder zu sammeln und für alle auszuwerten. Vor dem Kriege gab es hierfür eine besondere Organisation, die „Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrizitätsanwendung (AFE)“, die auf Anforderung Werbefachleute (Spezialisten) für Beratung, Vorträge u. dgl. zur Verfügung stellte sowie auch durch Veröffentlichungen für Aufklärung und Werbung sorgte. Am vorteilhaftesten ist es aber zweifellos für ein EVU, eigene, bodenständige Fachleute im Dienst zu haben, weil diese naturgemäß einen besseren Kontakt mit den Stromabnehmern haben und für sie mündlich oder schon telephonisch schnell erreichbar sind. Den bodenständigen Werbefachleuten obliegt also die „Tiefenwirkung“ im Bereich der Stromabnehmer eines Werkes, während die Arbeit der etwaigen Verbands-Werbefachleute sich auf „Breitenwirkung“ unter dem Verband angehöriger Werksverwaltungen erstreckt, um deren Front-Spezialisten ständig über die neuesten Fortschritte und Erfahrungen auf dem laufenden zu halten.

Zu dem Ressort des leitenden Werbefachberaters eines EVU gehören weiter Vertrags- und Tarifwesen, Statistik über Stromverkauf und Stromverbraucher, Beobachtung des Marktes sowie der gesamten Wirtschaftslage. Dazu muß er die Verbindung mit dem eignen Verband, mit anderen Verbänden, Organisationen und Instituten anknüpfen und pflegen, die wissenschaftliche, technische oder wirtschaftliche Probleme bearbeiten. Für ein erst in jüngster Zeit nach amerikanischem Vorbild gestelltes und zu lösendes Problem ist vollends der leitende Werbefachmann als Ingenieur zur Sachbearbeitung berufen, nämlich für „Public Relation“, die öffentliche Meinungspflege, sowie auch zum Teil für „Labor Relation“, die Erzielung eines harmonischen Verhältnisses zwischen Leitung und Belegschaft<sup>1</sup>.

Der Elektroingenieur als Werbefachmann kommt naturgemäß mit Menschen von ganz verschiedenartiger menschlicher wie technischer Bildung und beruflicher Veranlagung in Berührung. Um mit ihnen in einen guten Kontakt zu kommen, muß er außer gewandtem Auftreten ein gutes Einfühlungsvermögen besitzen, und das setzt wieder tiefere werbepsychologische Kenntnisse und Fähigkeiten voraus. Den großen Wert der zuletzt genannten Kenntnisse hatte man bei uns in Deutschland bisher für die Werbung noch nicht recht erkannt. Während es an Technischen Hochschulen für Werbepsychologie noch keinen Lehrstuhl gibt und an Universitäten nur einen einzigen, wird über dieses Fach wohl an privaten Wirtschafts- und Verkaufsschulen in

jüngerer Zeit unterrichtet. Damit wird sich allmählich der Werbefachmann diese für seine Tätigkeit so außerordentlich wertvollen Kenntnisse durch eine systematische Schulung aneignen können. Menschen mit besonderer Veranlagung und Begabung für werbliche Aufgaben vermögen auch aus sich selbst heraus durch private Studien diese Fähigkeiten zu entwickeln.

Der leitende Werbefachmann muß auch über die gesamtwirtschaftliche Lage stets ein klares Bild haben und zu diesem Zweck laufend die Wirtschaftsberichte einer führenden Wirtschaftszeitung und speziell die seiner Abnehmerkreise verfolgen. So zeigten die Wirtschaftsberichte dieses Jahres schon früh, daß eine ungewöhnlich gute Obsternte bevorstand; der Werbeingenieur mußte also rechtzeitig für Elektrogeräte zur Konservierung von Obst werben, mit deren Hilfe die Obstbauer die gute Konjunktur hätten ausnutzen können. Und wenn der Werbeingenieur diesen weiten wirtschaftlichen Überblick hat, so ist er auch geeignet, im öffentlichen Leben hervorzutreten.

Bemerkt sei noch, daß Elektrofirmen selbstverständlich aus werblichen Gründen selbst vorbildliche Anlagen (Installation, Raum- und Reklamebeleuchtung) haben sollten, in denen stets das Neueste gezeigt wird. Wie weit das geschieht, mag dahingestellt bleiben.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der Elektroingenieur als Werbefachmann einen durchaus neuen Ingenieurtyp darstellt, der einen so hohen Grad von wissenschaftlichen Kenntnissen aus verschiedenen Wissensgebieten als Grundlage für seine Tätigkeit in leitender Stellung besitzen muß, wie er sie nur durch ein akademisches Studium erreichen kann. Diese Forderung wurde unlängst auf der Tagung der Wirtschaftsvereinigung „Werbung“ ganz allgemein für leitende Herren in der Werbung gestellt. Dabei wurde gleichzeitig noch betont, daß solchen hochqualifizierten Kräften auch entsprechende Stellungen in der Geschäftsführung ihrer Unternehmungen zukämen, wie es im Ausland längst der Fall sei.

Nur andeutungsweise sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß sich wohl auch Nicht-Fachleute, z. B. auch Frauen, in der Werbung für Haushalt und Küche zweckmäßig einsetzen lassen. Selbstverständlich müssen diese Kräfte außer mit den technischen Geräten und deren Handhabung mit allen im Haushalt auftretenden Problemen vertraut sein und müssen gute Kenntnisse auf ernährungswissenschaftlichem Gebiet besitzen.

In dieser Darstellung wurde wohl erstmalig ein Überblick über die Vielfalt der Aufgaben und der Wissensgebiete gegeben, welche dem Arbeitsgebiet der Werbeabteilungen und ihres leitenden Elektro-Werbefachmannes eigen sind. Hierdurch gewinnt einmal der Nachwuchs an Werbefachleuten eine genauere Kenntnis über seine Stellung und Aufgaben, die Leitung der Unternehmen ein besseres Bild von der Bedeutung dieser Arbeitsgruppe. Wenn künftig der so interessante Aufgabenbereich eines Elektro-Ingenieurs als Werbefachmann bekannt geworden ist, über den an den Hochschulen bisher kaum — aber hoffentlich bald — eingehender gelehrt wird, werden voraussichtlich mehr solche Ingenieure, welche in sich Neigung und Begabung hierfür verspüren, diesen Beruf aus eigener Initiative ergreifen und sich schon zeitig mit den gestellten Anforderungen vertraut machen, so daß deren Erfüllung in der Praxis keine zu große Arbeitsbelastung bedeutet, wie es in einer solchen programmatischen Darstellung den Anschein erwecken kann. Geht also ein Elektroingenieur möglichst vorge-schult sowie mit Lust und Liebe an den Beruf eines Werbefachmannes heran, so wird er sicher eine nach außen erfolgreiche und ihn sehr befriedigende Tätigkeit finden, selbst wenn deren Bedeutung heute noch nicht genügend gewürdigt wird.

<sup>1</sup> Vgl. a. ETZ 71 (1950) H. 22, S. 632.

## Die neuen VDE-Bestimmungen für isolierte Starkstromleitungen\*

Von H. Heinzelmann, Köln

DK 621.315.2/3 (083.7)

**Übersicht.** Es wird über die Neufassung von VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen“ und der eng damit zusammenhängenden Vorschriften VDE 0208, 0209, 0284 und 0472 berichtet. Ihr allgemeiner Aufbau wird erörtert und auf wesentliche Änderungen und Erweiterungen hingewiesen. Diese werden, wo es erforderlich oder zweckdienlich schien, kurz begründet.

Der nunmehr abgeschlossenen Neubearbeitung der VDE-Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen hatten sich infolge der Aufspaltung Deutschlands und der zeitweiligen Auflösung von Organisationen und Verbänden, die auch jetzt noch nicht wieder völlig beseitigt ist, recht erhebliche Hindernisse in den Weg gestellt. Hinzu kam, daß vielfach Unterlagen zerstört oder abhanden gekommen waren und erst wieder neu beschafft werden mußten. Dieses und eine Reihe anderer Umstände haben leider die wünschenswerte Beschleunigung der Arbeiten verhindert.

Die letzte aus dem Jahr 1944/45 stammende Fassung der hier betrachteten Vorschriften und Regeln, die aber nicht mehr in allen Teilen abgeschlossen bzw. gedruckt worden war, sah gegenüber den älteren Fassungen eine Trennung des sehr umfangreich gewordenen Stoffes vor, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden und den Gebrauch zu erleichtern. Diese Trennung wurde auch jetzt beibehalten, da sie sich als zweckmäßig und brauchbar erwiesen hat. Die Aufbauvorschriften für die verschiedenen Leitungstypen, die Vorschriften für die Eigenschaften der Isolierhüllen und der Mäntel aus Gummi bzw. aus thermoplastischem Kunststoff und die Regeln für die Durchführung von Prüfungen sind jeweils gesondert für sich aufgestellt. Eine Sonderstellung nehmen die hitzebeständig isolierten Starkstromleitungen mit Metallmantel ein, die in eigenen Vorschriften behandelt sind.

In VDE 0208 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus Gummi für isolierte Leitungen und Kabel“ sind die mechanischen Eigenschaften festgelegt, denen die Gummimischungen genügen müssen. Als Richtwert ist außerdem der spezifische Isolationswiderstand angegeben. Ferner enthalten diese Vorschriften noch die notwendigen Bestimmungen über Prüfungen. An Gummimischungen sind je 2 für die Aderisolierung und für den Innenmantel und 3 für den Außenmantel vorgesehen. Die zeitbedingt zugelassen gewesene Ader-Isoliermischung mit einer Zugfestigkeit von mindestens 25 kg/cm<sup>2</sup> wurde fallen gelassen. Hingegen wurde, um den erhöhten Ansprüchen des Bergbaues gerecht zu werden, auf sein Verlangen eine besonders widerstandsfähige Mantelmischung mit 150 kg/cm<sup>2</sup> Zugfestigkeit neu aufgenommen. Für diese Gummimischung wurden mit Rücksicht auf die hohen mechanischen Anforderungen zusätzlich Prüfbestimmungen vorgesehen, von denen zunächst die Prüfung auf Zugfestigkeit nach dem Einkleben des Probestückes in die Vorschriften aufgenommen worden ist.

In ähnlicher Weise bringt VDE 0209 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus thermoplastischem Kunststoff für isolierte Leitungen und Kabel“ die Bestimmungen über thermoplastische Kunststoffe. Auch hier wurden nur Bestimmungen über die Eigenschaften und über die Prüfungen getroffen; beide mußten aber wesentlich umfangreicher gehalten werden als die für Gummi. Vor allem mußten über die Eigenschaften, die in starkem Maße von der Temperatur abhängen oder durch Temperatureinflüsse bedingt sind, nähere Bestimmungen aufgenommen werden. Für die Isoliermischung

wurden überdies Mindestwerte des Isolationswiderstandes festgelegt. Da dieser sich ebenfalls in erheblichem Umfang mit der Temperatur ändert, wurden zwei Werte angegeben, nämlich einer für 20 °C und einer für 60 °C. Sämtliche Eigenschaftswerte beziehen sich im übrigen auf die heute vorzugsweise gebräuchlichen Polyvinylchlorid-Mischungen.

Sollte es späterhin erforderlich sein, die Vorschriften auf Kunststoffe anderer Art auszudehnen, so ist dies leicht möglich, ohne den grundsätzlichen Aufbau zu ändern. Die in der Tafel über die Eigenschaften angeführten Mischungsbezeichnungen sollen übrigens in keiner Weise der in Aussicht genommenen Typisierung bzw. Typenbezeichnung von Kunststoffen vorgreifen.

VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen“ stimmt im äußeren Aufbau mit der Ausgabe vom November 1944 überein. Lediglich die Zahlentafeln werden nicht mehr verstreut im Text, sondern geschlossen im Anschluß an den Textteil gebracht. Gegenüber den noch älteren Fassungen hat sich allerdings das äußere Bild dieser Vorschriften ganz wesentlich geändert. Im einzelnen sei auf folgende Punkte besonders aufmerksam gemacht.

Die bereits 1944 ausführlicher als in früheren Fassungen gehaltenen Bestimmungen darüber, was unter Nennspannung zu verstehen sei, sind mit einigen kleinen Änderungen beibehalten worden. Die neuen Bestimmungen sind umfassender und Unsicherheiten und Zweifel über den Begriff „Nennspannung“ sind weitgehend ausgeschlossen. Da die Rohstoffversorgung noch nicht stabil ist und es auch für absehbare Zeit nicht werden wird, so schien es angebracht, für gewisse Fälle Aluminium neben Kupfer als Leiterwerkstoff beizubehalten. Dies gilt bei allen Leitungen für feste Verlegung, die nicht durch Feuchtigkeit oder andere erschwere Umstände in höherem Maße gefährdet erschienen. Ähnliche Erwägungen führten dazu, auch die Verzinnung der Kupferleiter nicht mehr durchweg für alle Leitungstypen, deren Adern mit Gummi isoliert sind, zu fordern. Grundsätzlich ist sie bei allen Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher mit Ausnahme der Schweißleitungen vorgeschrieben. Bei einer Reihe von Leitungstypen für feste Verlegung kann die Verzinnung dagegen wefallen, wenn dafür gesorgt ist, daß sich Leiter und Isolierhülle nicht chemisch beeinflussen.

Die Bestimmungen über die einzelnen Leitungstypen sind der Fassung von 1944 entsprechend in Kurzstil nach einem für alle Typen einheitlichen Schema gefaßt. Diese Anordnung ist sehr übersichtlich und erleichtert die Benutzung der Vorschriften wesentlich. Für jede Leitungsart sind Verwendung, Nennspannung, Kurzzeichen, Aufbau und die vorzunehmenden Prüfungen angegeben. Die Verwendung ist hier nur kurz umrissen, während ausführlichere Angaben in den verschiedenen Errichtungsvorschriften niedergelegt sind. Die bisher nur probeweise zugelassenen Stedleitungen und Mantelleitungen, die sich in der Zwischenzeit bewährt haben, wurden endgültig in die Vorschriften aufgenommen. Nach eingehenden Versuchen und Erörterungen wurde ebenfalls Aluminium als Mantelwerkstoff für Rohrdrähte usw. aufgenommen, um einesteihs Ennanässe in der Belieferung mit Metallhändern zu umgehen und andernteils die Vorteile des Aluminiums gegenüber rostgeschütztem Stahlband auszunützen. Da das Aluminiumband aus Aluminium nach DIN 1712, Blatt 1, bestehen muß, brauchen seine Eigenschaften nicht besonders festgelegt zu werden. Umhüllte Rohrdrähte mit Reindraht unter dem Metallmantel sollen nunmehr auf Räume mit Hochfrequenzanlagen beschränkt bleiben, während sie bisher auch für explosionsgefährdete Räume vorgesehen waren. Den gegenüber Rohrdrähten entsprechenden sind Bleimantelleitungen mit Reindraht neu aufgenommen worden. Ihre Verwendung soll ebenfalls auf Räume

\* VDE 0208/1.51 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus Gummi für isolierte Leitungen und Kabel“.

VDE 0209/1.51 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus thermoplastischem Kunststoff für isolierte Leitungen und Kabel“.

VDE 0250/1.51 „Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen“.

VDE 0284/1.91 „Vorschriften für hitzebeständig isolierte Starkstromleitungen mit Metallmantel“.

VDE 0472/1.51 „Regeln für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln“.

Diese Bestimmungen gelten ab 1. Januar 1951 (siehe Bekanntmachung in ETZ 71 (1950) S. 697). Sie können vom VDE-Verlag, Wuppertal, Postfach 667, bezogen werden.

mit Hochfrequenzanlagen beschränkt bleiben. Ebenso wurden, dringend geäußerten Wünschen entsprechend, Leuchtröhrenleitungen, die an Stelle des gefalteten Metallmantels einen Bleimantel besitzen, wieder neu eingeführt.

Der Abschnitt über Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher wurde insofern neu geordnet, als jetzt sämtliche Gummischlauchleitungstypen geschlossen in aufeinander folgenden Paragraphen an seinem Schlusse erscheinen. Auch diese Umstellung erhöht die Übersichtlichkeit. Bei den besonders leichten Gummischlauchleitungen NLG ist nun außer dem bisher allein zugelassenen Querschnitt von 0,75 mm<sup>2</sup> auch ein solcher von 0,5 mm<sup>2</sup> zugelassen. Leitungen dieses verminderten Querschnittes dürfen allerdings im Gegensatz zu den übrigen Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher nur in fester Verbindung mit dem anzuschließenden Kleingerät verwendet werden. Mißbräuchliche Verwendung zum Anschluß anderer Geräte, vor allem solcher mit größerer Stromaufnahme, ist somit ausgeschlossen.

Die fortschreitende Mechanisierung im Bergbau unter Tage mit Zunahme der elektrischen Antriebe und die steigende Verwendung von Elektrizität für andere Zwecke, wie Beleuchtung usw., schuf das Bedürfnis nach besonders widerstandsfähigen und betriebssicheren Zuleitungen, die auch den erhöhten Gefährdungen dieser Betriebe gewachsen sind. Auf Verlangen des Bergbaues wurde deshalb eine starke Gummischlauchleitung NSSH für Bergwerke unter Tage neu in die Vorschriften aufgenommen. Sie unterscheidet sich von der NSH-Leitung dadurch, daß die Adern nicht nur durch gefärbte oder farbige Umhüllungen gekennzeichnet, sondern daß auch der Adergummi im ganzen oder wenigstens in seinen äußeren Schichten entsprechend gefärbt sein muß. Der Grund für diese Bestimmung war der, daß sich die Farbe der Aderumhüllung unter den ungünstigen, durch mangelhafte Beleuchtung oder Schmutz hervorgerufenen Bedingungen des Bergbaues nicht immer mit der notwendigen Sicherheit erkennen läßt und daß Aderverwechslungen hier besonders schwerwiegende Folgen haben können. Der Innenmantel muß bei allen Querschnitten, auch bei denen unter 16 mm<sup>2</sup>, aus einer Gummimischung mit einer Zugfestigkeit von 50 kg/cm<sup>2</sup> und einer Dehnung von 250% hergestellt sein. Weiterhin muß der Außenmantel aus einer besonders widerstandsfähigen Gummimischung bestehen, was bereits bei der Besprechung von 0208 erwähnt wurde. Um die NSSH-Leitungen deutlich von gleich aussehenden anderen Gummischlauchleitungen unterscheiden zu können, müssen sie auf ihrer ganzen Länge äußerlich sichtbar und fühlbar gekennzeichnet sein. Diese Art der äußeren Kennzeichnung wurde

gewählt, um auch an solchen Leitungen, die bereits gebraucht werden und an Geräte angeschlossen sind, feststellen zu können, ob es sich um vorschriftsmäßige Ausführungen handelt. In den Bestimmungen über die NSSH-Leitungen wurde ähnlich wie bisher bereits bei den Leitungstrossen ein gewisser Spielraum gelassen, um den Weg offen zu lassen für Sonderausführungen und Weiterentwicklung. So können beispielsweise zwischen den beiden Gummimänteln oder um die einzelnen Adern leitende Hüllen angebracht werden oder es können ein Gummikreuz im Kern oder Steueradern eingelegt werden.

Die „Richtlinien für probeweise zugelassene Metallmantelleitungen mit hitzebeständiger Isolierung“ sind nunmehr als VDE 0284 „Vorschriften für hitzebeständig isolierte Starkstromleitungen mit Metallmantel“ endgültig aufgenommen worden. Es war dabei die Frage aufgeworfen worden, diesen Leitungstyp, da er eine Starkstromleitung darstellt, in VDE 0250 einzugliedern. Da aber diese Leitungsgattung in einem Verfahren hergestellt wird, das grundsätzlich von dem der gummi- oder kunststoffisolierten Leitungen abweicht, und da das Isoliermittel wesentlich anders beschaffen ist, so wurde es für zweckmäßig gehalten, besondere Vorschriften aufzustellen. Hinzu kam, daß auch der Verwendungsbereich ein besonderer und begrenzter ist. Die neuen Vorschriften wurden gegenüber den Richtlinien insofern erweitert, als nunmehr auch Ausführungen mit Korrosionsschutz über dem Metallmantel zugelassen sind.

VDE 0472 „Regeln für die Durchführung von Prüfungen an isolierten Leitungen und Kabeln“ erscheint in dieser Form zum ersten Male. Hier sind alle die Regeln übersichtlich zusammengefaßt, die sich aus den Prüfbestimmungen in VDE 0208, 0209 und 0250 ergeben, wobei zu beachten ist, daß außer den in VDE 0250 für jeden einzelnen Leitungstyp vorgeschriebenen Prüfungen auch noch diejenigen vorzunehmen sind, die sich aus VDE 0208 oder aus VDE 0209 ergeben. Die Regeln selbst sind in vier Gruppen unterteilt, und zwar:

1. mechanische Prüfungen,
2. elektrische Prüfungen,
3. thermische Prüfungen,
4. chemische Prüfungen.

Zu den bereits früher in verschiedenen Vorschriften zerstreut aufgeführten Prüfungen wurden neu aufgenommen die Zugfestigkeitsprüfung nach dem Einkerbigen und die Prüfung auf Gleichspannungsbeständigkeit. Dementsprechend wurden in VDE 0472 Regeln für die Durchführung dieser beiden Prüfungen aufgestellt.

DK 62:51

## Eine neue Form für den Einsatz der Mathematik im Ingenieurwesen

Die Zeiten, in denen ein führender Ingenieur mit Beifall bemerken konnte, der geeignete Platz für ein Integralzeichen sei der Resonanzboden einer Geige, sind endgültig vorbei; die künftige Entwicklung der Technik und ganz besonders der Elektrotechnik wird wesentlich davon abhängen, wie weit es gelingt, die moderne mathematische Forschung mit Operatorenrechnung, Matrizenkalkül, mathematischer Statistik usw. zum Nutzen der Technik einzusetzen. Um nun dieses Ziel zu erreichen, ist vom Amer. Inst. Electr. Engrs. ein Ausschuß für Mathematik und angewandte Mathematik ins Leben gerufen worden, der eine positive Vermittlerrolle spielen soll<sup>1</sup>. An ihn können technische Forschungs- und Entwicklungsinstitute sowie auch einzelne Ingenieure ihre Probleme senden und der Ausschuß gibt sie an geeignete mathematische Sachbearbeiter weiter. Auch umgekehrt sollen bei dem Ausschuß die Ergebnisse theoretischer mathematischer Forschung, wie z. B. neue Lösungen von Differential- und Integralgleichungen u. ä. zusammenfließen und in ge-

eigneter Form den Ingenieurkreisen bekanntgegeben werden. Dabei sollen alle Themen, soweit es überhaupt möglich ist, bis zu einer praktisch verwendbaren Form bearbeitet werden, so daß die numerische Auswertung für einen vorliegenden Spezialfall unmittelbar möglich ist. Gelöste Fragestellungen mit Allgemeininteresse werden veröffentlicht. Die Arbeit dieses Ausschusses soll ebenso die Technik wie die Arbeitsweise der angewandten Mathematik befruchten.

Das Ziel wird nur dann erreichbar sein, wenn Ingenieure und Mathematiker gleichermaßen mitarbeiten. Heute gehen sie vielfach aneinander vorbei: Der Ingenieur kennt nicht die Möglichkeiten und Machtmittel der Mathematik, der Mathematiker nicht die Fragestellungen und Probleme des Ingenieurs. Beide sprechen zudem oftmals verschiedene Sprachen, was eine Verständigung zusätzlich erschwert. In der Überwindung aller dieser Schwierigkeiten sieht der Ausschuß seine Aufgabe. Der Aufruf zur Mitarbeit an die führenden amerikanischen Mathematiker hat ein starkes, einstimmiges Echo gefunden.

Der Aufsatz, der in einem Appell an alle Ingenieure mündet, ist ein Beispiel für eine Initiative, die sich unmittelbar auf deutsche Verhältnisse übertragen ließe<sup>2</sup>. GI

<sup>1</sup> Nach M. G. Maltl: Electr. Engng. 69 (1950) S. 606; 1 S.

<sup>2</sup> Vgl. a. S. 62 ds. Heftes.

## Zur Wahl von Bahnstromsystemen

### Die Elektrifizierung des Eisenbahnverkehrs an Rhein und Ruhr und auf den Verbindungsstrecken nach Süddeutschland\*

Von Hans Kother, Köln

DK 621.331.001.2 : 625.11 (43)

**Übersicht.** Nachdem kürzlich die Elektrifizierungspläne in Belgien behandelt worden sind<sup>1</sup>, wird nachstehend eine Übersicht über den neuesten Stand der Elektrifizierung in Westdeutschland gegeben. Der hierbei zugrunde gelegte Vortrag von Ministerpräsident und Verkehrsminister Arnold behandelte das Thema der Elektrifizierung von Bahnen selbstverständlich in der Hauptsache vom verkehrspolitischen Standpunkt aus. Um auch dem ferner stehenden Leser die Möglichkeit zu geben, sich bei einzelnen Fragen über die mehr verkehrstechnischen Belange zu unterrichten, werden entsprechende Veröffentlichungen angegeben. Wo in einzelnen Punkten auch abweichende oder weitere Auffassungen vorkommen, werden diese in Anmerkungen behandelt.

Arnold trug das Ergebnis von Arbeiten der Deutschen Bundesbahn und der Studiengesellschaft für die Elektrifizierung des Eisenbahnverkehrs an Rhein und Ruhr vor. Bundesverkehrsminister und Leitung der Deutschen Bundesbahn hatten hierzu ihr Einverständnis gegeben.

Aus der ursprünglich auf das Rhein-Ruhr-Gebiet beschränkten Planung entwickelte sich aus den Forderungen der Bundesbahn zur Verbesserung der Abfuhr aus dem Ruhrgebiet das Ziel: Elektrifizierung des Rückgrats des Eisenbahnverkehrs in der Bundesrepublik, der Hauptstrecken des Ruhrgebietes und der Verbindungsstrecken am Rhein entlang bis nach Süddeutschland.

In der im März 1950 vorgesehenen ersten Ausbaustufe (vgl. Bild 1) sind im Gegensatz zum ersten Entwurf der Studiengesellschaft vorwiegend die Abfuhrstrecken zur Elektrifizierung vorgesehen<sup>2</sup>. Der Personennahverkehr soll bis zum endgültigen Ausbau baldmöglichst mit Dieseltriebwagen verbessert werden, die räumlich und zeitlich zwischen Dampf- und Elektrobetrieb eingesetzt werden<sup>3</sup>.

#### Wirtschaftliche Bedeutung

Als wichtigster Faktor in der Wirtschaftlichkeitsrechnung erscheinen stets die **Energiekosten**: für die erste Ausbaustufe werden veranschlagt Ausgaben von 75 Mio. DM für Steinkohle gegenüber 31 Mio. DM für Strom, also eine Differenz von 44 Mio. DM je Jahr. Dabei ist der mittlere Wirkungsgrad bei elektrischem Betrieb etwa dreimal so hoch wie bei Dampftrieb.

Der vielfach gezogene Schluß, daß die Ersparnis an Steinkohle für den Bergbau weniger Arbeit bedeute, ist falsch, weil die als Brennstoff ersparte Steinkohle als chemischer Rohstoff Verwendung finden soll<sup>4</sup>.

Die wirtschaftliche Bedeutung liegt aber auch in der weit besseren Ausnutzung der Triebfahrzeuge (Tafel 1).

Tafel 1. Betriebliche Ausnutzung von Dampf- und Ellok.

	Dampflokom.	Ellok
Nutzleistung (Zugförderung)	10 h = 41,7%	18,5 h = 77,1%
Nebenleistungen (Rangierdienst, Leerfahrten, örtlicher Dienst)	5 . = 20,8%	3 . = 12,5%
Betriebspflege (Kohle, Wasser, Ölen, Entschlacken, kl. Reparaturen)	7 . = 29,2%	0,5 . = 2,1%
Wartezeiten	2 . = 8,3%	2 . = 8,3%

\* Bericht und Stellungnahme zu einem gleichlautenden Vortrag des Ministerpräsidenten Karl Arnold, Verkehrsminister des Landes Nordrhein-Westfalen, auf der Verkehrsministerkonferenz in Duisburg am 27. 4. 1950.

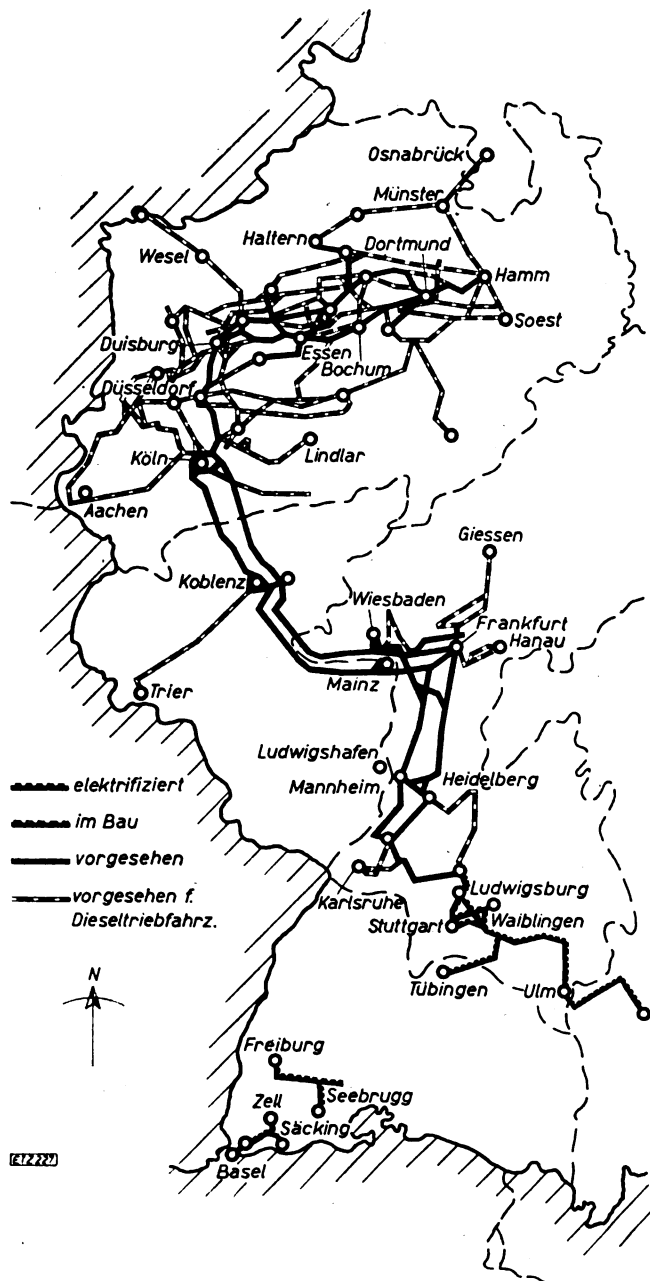
<sup>1</sup> Kother: Zur Wahl von Bahnstromsystemen: Belgien stellt 1500 km = 30% seiner Strecken von Dampftrieb auf Betrieb mit 3000 V Gleichspannung um. ETZ 71 (1950) S. 393.

<sup>2</sup> Der ursprüngliche Entwurf der Studiengesellschaft bezog sich (vgl. Vierfuß: ETZ 71 (1950) S. 5) ausschließlich auf das Ruhrgebiet. Er hätte hauptsächlich dem Personennahverkehr erhebliche Verbesserungen gebracht. Es hätte sich aber kaum gelohnt, den Personen- und Güterfernverkehr innerhalb des Ruhrgebietes elektrisch zu betreiben, da wegen der verhältnismäßig geringen Ausdehnung dieses Netzes die notwendigen Lokomotivwechsel an den Bezirksgrenzen den Fahrzeitgewinn teilweise verzehrt hätten. Durch die Einbeziehung der Abfuhrstrecken in die Elektrifizierung wird auch dem Fernverkehr wirksam geholfen.

<sup>3</sup> Kother: Betriebseigenschaften von Schienenfahrzeugen mit Dampf-, Diesel-, Gasturbo- und Elektrobetrieb. Eisenbahntechn. 3 (1949) S. 97.

<sup>4</sup> Kother: Die neuere Entwicklung der elektrischen Zugförderung im Rahmen der deutschen Energiewirtschaft. Elektr. Bahnen 11 (1935) S. 223.

Man rechnet für die erste Ausbaustufe mit 539 elektrischen Lokomotiven anstatt jetzt 1010 Dampflokomotiven; wegen des Fortfalls der Heizer und der größeren Leistung einer Ellok ergeben sich Personalerparnisse, die mit den billigeren Erhaltungskosten der Ellok zusammen zu 46 Mio. DM je Jahr veranschlagt werden<sup>5</sup>.



Man rechnet für die erste Ausbaustufe 566 Mio. DM, die etwa 90 Mio. DM echte Ersparnis bringen sollen, auch ohne daß bereits eine Verkehrssteigerung als Folge der Elektrifizierung berücksichtigt ist.

#### Verkehrliche und soziale Bedeutung

Die mit einer Elektrifizierung erreichbaren Fahrzeitverkürzungen werden sicher die Deutsche Bundesbahn auch im

<sup>5</sup> Kother: Die Bedeutung der Elektrisierung von Eisenbahnen. Großdtch. Verkehr 35 (1941) S. 467.

Wettbewerb mit den belgischen und französischen Bahnen sehr wirksam unterstützen. Für das Gebiet Nordrhein-Westfalen bringt die Elektrifizierung endlich das, was seit einem Menschenalter eifrig erörtert, geplant und bereits begonnen war: Den Schnellverkehr zwischen den einzelnen Schwerpunkten der Industrie und Siedlung, der den ganzen Raum zu einer einheitlichen Rhein-Ruhr-Stadt zusammenwachsen läßt. Eine Fahrzeitverkürzung beim elektrischen Schnellverkehr wird mit etwa 33% angenommen werden können<sup>6</sup>.

Wenn im Ruhrrevier Verkehrsverhältnisse geschaffen werden können, die etwa mit denen einer Weltstadt vergleichbar sind, dann kann endlich erreicht werden, daß die Arbeiter-siedlungen aus dem Schatten der Hüttenschlote und Zementurme herausgelegt werden können in die landschaftlich schönen Gegenden des Rheinlands und Westfalens. Die Städte können aufgelockert und die Siedlungen in die gesunden Randgebiete gelegt werden.

#### Bedarf und Versorgung mit elektrischer Energie

Die Verkehrsstärke einer Strecke (das sind die Brutto-Tonnen-Kilometer je Tag in beiden Richtungen) ist ein Maß für die Elektrifizierungswürdigkeit einer Strecke. Die Ruhrstrecken liegen in der Verkehrsstärke z. B. bis etwa fünfmal, die Rheinstrecken etwa doppelt bis dreimal so hoch wie die Strecken des bayrisch-württembergischen Netzes! An der Wirtschaftlichkeit der Elektrifizierung der neuen Strecken kann daher kein Zweifel bestehen. Arnold bemerkt ferner, „daß wir uns um die Bereitstellung der erforderlichen Energie in den Kraftwerken der öffentlichen Elektrizitätsversorgung keine Sorgen zu machen brauchen; denn der Strombedarf der Eisenbahn beträgt nur wenige Prozent der in der gesamten Industrie verbrauchten elektrischen Energie“<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Kother: Fahrzeitgewinn bei elektrischem Zugbetrieb. ETZ 57 (1936) S. 1313.

<sup>7</sup> Diese Bemerkung läßt die Möglichkeit offen, ob sich die Studiengesellschaft für unmittelbare gespeiste 50 Hz-Triebfahrzeuge oder für 16 $\frac{2}{3}$  Hz-Triebfahrzeuge mit Versorgung über Umformer oder Umrichter entscheiden hat. Leider ist zur Zeit noch von keiner Seite eine entscheidende Auskunft über den heutigen Stand des 50 Hz-Kommutatormotors oder des Umrichters zu erhalten. Bei der Vorbereitung einer Großelektrifizierung ist es aber unumgänglich notwendig, zur Frage „16 $\frac{2}{3}$  oder 50 Hz-Ellok und Triebwagen“ und „16 $\frac{2}{3}$  Hz-Erzeugung oder Umrichtung“ klar und eindeutig Stellung zu beziehen, um Fehlinvestitionen zu vermeiden.

Die Tatsache, daß Arnold nur elektrische Triebfahrzeuge für 16 $\frac{2}{3}$  Hz in seinem Vortrag zeigt, läßt vermuten, obwohl es keineswegs ausdrücklich gesagt wird, daß die Studiengesellschaft 16 $\frac{2}{3}$  Hz-Triebfahrzeuge auf nicht näher ange deutete Weise aus dem Landesnetz der EVU betreiben will<sup>8</sup>.

#### Zusammenfassung

Der Vortrag von Arnold zeigt die Entschlossenheit der Verkehrspolitik, der Schiene durch die Elektrifizierung neue Kraft zu verleihen und der Bevölkerung der in Betracht kommenden Gebiete erhebliche soziale Verbesserungen zu bringen.

Da der vor den Verkehrsministern gehaltene Vortrag von verkehrspolitischer Warte aus gesehen war, bleiben den Verkehrs- und Bahnelektroingenieuren als Fachmännern natürlich noch manche interessante Fragen offen oder unbeantwortet. So sagt Arnold z. B. selbst: „Was die Elektrifizierung dem inneren Eisenbahnbetrieb für Erleichterungen und Möglichkeiten für eine Leistungssteigerung bietet, will ich hier nicht näher erörtern; das will ich den berufenen Fachingenieuren überlassen“.

Falls die technische Brauchbarkeit von Umrichtern geklärt wäre, müßten ihre Baukosten und die Stromkosten so niedrig sein, daß ihr Betrieb mit Strombezug aus dem Landesnetz mit der 16 $\frac{2}{3}$  Hz-Erzeugung konkurrieren kann.

Ferner müßte geklärt werden, ob die Eisenbahn Strom direkt aus den Heizkraftwerken, z. B. von Brikkettfabriken zu geringem Preis oder nur über die Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit erheblichen Aufschlägen beziehen darf. Soweit hierüber überhaupt etwas verlautet, dürfen z. B. Brikkettfabriken mit Heizkraftwerken den Strom nur an die EVU abgeben, nicht aber an Dritte!

<sup>8</sup> In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Bahnnetze für Reise- und Güterverkehr etwa 6000 ... 7000 Benutzungsstunden je Jahr erreichen können (vgl. Fußnote 1), während Landesnetze meist bei 4000 bis höchstens 5000 h/Jahr liegen. Selbstverständlich können einzelne, grundlastfahrende Landeskraftwerke auch 8000 h/Jahr erreichen, selbst wenn der Netzdurchschnitt bei 4000 ... 5000 h/Jahr liegt. Die Frage ist nur, ob die Bahn direkt die billige „Abfallenergie“ der Heiz-Großkraftwerke der Brikkettfabriken usw. kaufen kann, oder ob sie bei den EVU einen Preis für 6000 ... 7000 Benutzungsstunden erzielen kann, wobei günstigenfalls die Erzeugungskosten des Großkraftwerkes oder ungünstigenfalls sogar die Kosten des Gesamtnetzes zugrundegelegt sind; vgl. Kriemitz: Umformer-, Umrichter- und Unterwerke der elektrischen Zugförderung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 59 (1941) S. 264, und Kother: Zur Energiewirtschaft elektrischer Großbahnen. Elektr. Bahnen 18 (1942) S. 199.

## Auslegung der Generatoren und Transformatoren bei Blockbetrieb

Von K. H. Kyser, Berlin

DK 621.511.14 : 621.515.322.016.2 : 621.514.21

**Übersicht.** In neuzeitlichen Kraftwerken werden Generatoren und Transformatoren fast ausschließlich in Blockschtaltung gefahren. Hierbei ist es üblich, für beide Teile die gleiche Nennleistung zu wählen. Diese Auslegung führt oftmals, insbesondere in Verbindung mit der bei Generatoren üblichen Bemessung, zu der irigen Annahme, daß die Nennleistung auch tatsächlich an den Oberspannungsklemmen des Transformators abgenommen werden kann. Je nach Höhe von Abnahmespannung und Abgabe-cos  $\varphi$  ind. muß jedoch, mit Rücksicht auf die zulässige Erwärmung in Transformator und Generator, die Abnahmeleistung niedriger als die Transformator-Nennleistung sein. Im folgenden werden diese Zusammenhänge näher erläutert und Formeln für die Berechnung von Primärleistung und primärseitigem cos  $\varphi$  aus einer geforderten induktiven bzw. kapazitiven Belastung gegeben.

**Nennleistung elektrischer Maschinen** ist die an den Klemmen bei Nennbetrieb abgegebene bzw. aufgenommene elektrische Leistung; bei Generatoren ist diese auf dem Typenschild angegeben. Es ist die kVA-Abgabeleistung, die bei Nennspannung und dem Nennleistungsfaktor an den Klemmen tatsächlich zur Verfügung steht. Der Nenn-cos  $\varphi$  ist allgemein 0,8 ind.; für abweichende cos  $\varphi$ -Werte wird die Abgabe- oder Nennleistung stets gesondert genannt.

**Nennleistung von Transformatoren** ist nach den „Regeln für Transformatoren“ VDE 0532 die als Produkt aus Nennsekundärspannung, Nennsekundärstrom und Phasenfaktor ( $\sqrt{3}$ ) berechnete Scheinleistung. Hierbei ist für Nennsekundärspannung die sekundäre Leerlaufspannung zu setzen, und das wird oft übersehen. Die so gekennzeichnete Nennleistung steht bei Einhaltung pri-

märseitiger Nennspannung als Abgabeleistung nicht zur Verfügung, da in diesem Falle die sekundärseitige Spannung stets kleiner als die Leerlaufspannung ist. Die so definierte Nennleistung ist daher ein reiner Rechenwert und dient lediglich als Bezugsgröße für die übrigen Kennwerte der Transformatoren, wie Verluste und Kurzschlußspannung; sie darf mit Abgabeleistung nicht gleichgesetzt werden.

Im praktischen Betrieb sind die Forderungen der Endabnehmer und die Übertragungsverluste des Netzes Ausgangspunkt für die Ermittlung des tatsächlichen Leistungsbedarfes, der durch zusätzliche Transformatoren und Maschineneinheiten zu decken ist. Die Abgabeleistung der Transformatoren muß diesem Leistungszuwachs entsprechen. Unter Hinzufügen der Verluste im Transformator ergibt sich aus der geforderten Abgabeleistung die Generator-Nennleistung.

Die durch den Belastungsstrom im Transformator hervorgerufenen Verluste setzen sich aus Wirk- und Blindverlusten zusammen, wobei das Verhältnis von Wirk- und Blindverlusten für größere Transformatoren etwa 1:15 beträgt. Bei gleichbleibender Wirkleistungsabgabe auf der Sekundärseite steigen mit sinkendem cos  $\varphi$  die Scheinleistung und damit der Strom. Je schlechter daher der Abnahme-cos  $\varphi$ , desto größer werden die Blindverluste; die Wirkverluste erhöhen sich indes nur unwesentlich. Oft wird zusätzlich die Forderung gestellt, daß die einer mittleren Span-



nung entsprechende Leistung auch bei Spannungsschwankungen von mehr als  $\pm 5\%$  (VDE 0532) abgegeben werden muß. Eine Spannungssenkung auf der Sekundärseite bedingt bei gleicher Scheinleistungsabgabe einen erhöhten Strom; schlechter Abgabe- $\cos \varphi$  und tiefe untere Spannungsgrenze wirken in gleichem Sinne, d. h. Blindverluste und Wicklungserwärmung steigen stark an. Umgekehrt bringt eine über der mittleren Spannung liegende Abnahmespannung bei niedrigem  $\cos \varphi$  neben vergrößertem Strom auch eine erhöhte Primärspannung. Höhere Primärspannung hat stärkere Sättigung des Eisens zur Folge; da Leerlaufverluste und Magnetisierungsleistung sich mit dem Quadrat des Quotienten aus Sättigung bei Betriebsspannung zu Sättigung bei Nennspannung ändern, steigt die Erwärmung im Transformator Kern.

Bei Blockschaltung von Transformator und Generator muß die Nennleistung des Generators der Summe aus Abgabeleistung und Verlusten im Transformator entsprechen. Die sich somit ergebenden Werte für primärseitigen  $\cos \varphi$  und Spannung am Generator sind ebenfalls von ausschlaggebender Bedeutung. Liegt der Leistungsfaktor infolge der Blindverluste im Transformator unter dem Nennwert, reicht bei Forderung nach Abgabe der vollen Nennleistung, insbesondere bei erhöhter Spannung, das anfänglich gewählte Generatormodell mit Rücksicht auf die zulässige Erwärmung des Rotors durch den vergrößerten Erregerstrom u. U. nicht mehr aus. Sinkt infolge Forderung nach konstanter oberspannungsseitiger Leistungsabgabe in weiten Spannungsgrenzen die primärseitige Spannung stark ab, wird möglicherweise die Erwärmung des Generatorständers durch den vergrößerten Strom unzulässig hoch. Auch die Höhe der geforderten kapazitiven Belastung an den Sekundärklemmen des Transformators ist für die Auslegung der Generatoren bestimmend, damit bei der nunmehr unter der Abgabespannung liegenden Generatorspannung noch ein stabiler Betrieb oberhalb des Selbsterregungspunktes sichergestellt ist.

Um betriebliche Schwierigkeiten und unliebsame Auseinandersetzungen zu vermeiden, sind die Nennleistungen für Transformatoren und Generatoren auf Grund der geforderten Abgabeleistung, des verlangten Leistungsfaktors ind. und kap., der oberen und unteren Spannungsgrenze, für die volle Leistungsabgabe zu ermitteln (Bild 1). Im folgenden ist der Rechengang zunächst unter Berücksichtigung auch der Leerlaufverluste und Magnetisierungsleistung zusammengestellt, um ein möglichst genaues Rechnen zu gewährleisten. Hierbei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Rechnungen für Wirk- und Blindleistungen getrennt durchzuführen [1]. Neben der Generatornennleistung ergibt dieses Verfahren gleichzeitig den primären  $\cos \varphi_1$ . Die sich bei den verschiedenen Belastungen ergebenden Spannungsänderungen sind für den Betrieb ebenfalls bedeutsam, da sie das Leerlaufübersetzungsverhältnis bzw. den Regelbereich der Transformatoren bestimmen. Die für Ermittlung dieser Spannungsänderungen erforderlichen Formeln sind gleichfalls zusammengestellt, wobei der Spannungsverlust durch  $\frac{1}{2} I_0$  und  $\frac{1}{2} I_\mu$  in der genauen Rechnung mit erfaßt wird.

Für überschlägige Rechnungen sind weiterhin vereinfachte Formeln abgeleitet, aus denen unter Zuhilfenahme

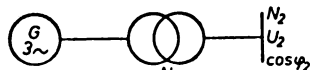


Bild 1. Ausgangswerte für die Ermittlung der Generatorleistung.

von Kurven praktisch ausreichend genau Spannung, Leistung und  $\cos \varphi$  am Generator bestimmt werden können. Die einzelnen Rechengänge werden mit gegebenen prozentualen Spannungsabfällen durchgeführt. Dieses einfache, übersichtliche und zeitsparende Rechenverfahren wurde bereits in früheren Arbeiten eingehend erläutert [2] und hat sich in der Praxis bestens bewährt.

Ausgangspunkt derartiger Rechnungen ist bekanntlich das Zeigerschaubild des belasteten Transformators, das nach der Ersatzschaltung Bild 2 in Bild 3 die Form des vereinfachten Kapp-Diagramms zeigt; der Leerlaufstrom, der bei großen Transformatoren 1,5 ... 1%, bei kleinen 3 ... 8% des Nennstromes beträgt, ist dabei vernachlässigt.  $I_1$  ist gleich  $I_2$  und  $\bar{u} = 1$  gesetzt. An Stelle der Absolutwerte können, da  $U_{10} \approx U_{20}$ , die prozentualen Spannungsabfälle gesetzt werden,

$$\sqrt{3} I_2 R = U_r = \frac{u_r}{100} \cdot U_{20}; \quad \sqrt{3} I_2 X = U_s = \frac{u_s}{100} U_{20};$$

$$\sqrt{3} I_2 Z = U_k = \frac{u_k}{100} U_{20} \quad (1)$$

wenn  $u_k$  die Kurzschlußspannung (%),  $u_s$  die Streuspannung (%),  $u_r$  den Wirkspannungsabfall (‰) und  $U_{20}$  die Leerlaufspannung auf der Sekundärseite bedeuten. Der Wirkspannungsabfall, bezogen auf die Nennleistung des Transformators ist:

$$u_r = \frac{N_k \cdot 100}{N_T} \text{ ‰} \quad (2)$$

( $N_k$  Kurzschluß- (Kupfer-) Verluste in kW,  $N_T$  Nennleistung des Transformators in kVA).

Der Streuspannungsabfall ist:

$$u_s = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \text{ ‰} \quad (3)$$

Für jede von  $N_T$  abweichende Belastung  $N_2$  ergeben sich die prozentualen Spannungsabfälle, sofern  $U_{20}$  konstant bleibt, zu:

$$u' = u \frac{N_2}{N_T} \text{ ‰} \quad (4a)$$

Ändert sich mit der Leistung auch die Spannung von  $U_{20}$  in  $U_2$ , dann wird

$$u'' = u \frac{N_2}{N_T} \cdot \left(\frac{U_{20}}{U_2}\right)^2 \text{ ‰} \quad (4b)$$

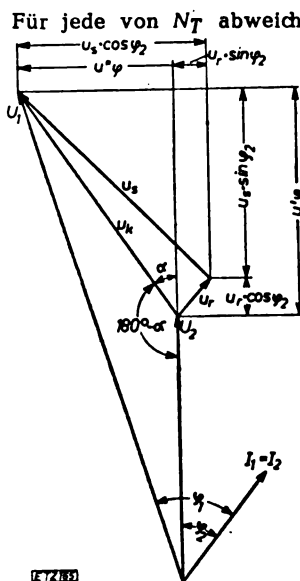


Bild 3. Vereinfachtes Zeigerschaubild des induktiv belasteten Transformators ( $I_0 = 0$ ,  $\bar{u} = 1$ ).

Mit diesen allgemeinen Angaben können nunmehr für die eingangs erwähnten Betriebsfälle Spannungen und Leistungen ermittelt werden. Zunächst sei die Berechnung für den Fall durchgeführt, daß eine bestimmte Abgabeleistung  $N_2$  bei  $\cos \varphi_2$  ind. und  $U_{20}$  gefordert wird. Hieraus sollen Primärleistung  $N_1$ , Spannung  $U_1$  und  $\cos \varphi_1$  ermittelt werden.

### A) Genaues Rechenverfahren

Für eine geforderte Abgabeleistung  $N_2$  bei  $\cos \varphi_2$  und  $U_{20}$  sind Primärleistung  $N_1$  mit  $\cos \varphi_1$  und  $U_1$  anzugeben.

#### 1. Erforderliche Primärspannung

Aus Bild 3 folgt mit den Werten aus Gl. (1) für induktive Belastung:

$$U_1 = \frac{U_{20}}{100} \cdot \sqrt{100^2 + u_k^2 + 200 u_r \varphi} \text{ kV}, \quad (5)$$

worin

$$u_r \varphi = u_r \cdot \cos \varphi_2 + u_s \cdot \sin \varphi_2 \text{ ‰} \quad (6)$$

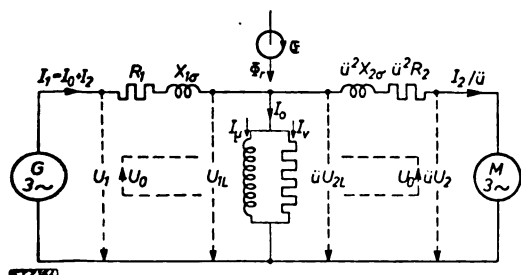


Bild 2. Schaltung mit positiven Zählrichtungen für Ströme und Spannungen.



Bei kapazitiver Belastung ist in Gl. (5) für  $u'_\varphi$  zu setzen:

$$u'_\varphi = u_r \cdot \cos \varphi_2 - u_s \cdot \sin \varphi_2. \quad (7)$$

2. Ermittlung der Primärleistung  $N_1$  und des primären  $\cos \varphi_1$

a) Induktive Belastung. — An den sekundärseitigen Sammelschienen soll die Abgabeleistung  $N_2$  bei  $\cos \varphi_2$  zur Verfügung stehen. Daraus ergeben sich:

$$N_{w_2} = N_2 \cdot \cos \varphi_2 \text{ kW} \quad N_{b_2} = N_2 \cdot \sin \varphi_2 \text{ bkW}. \quad (8)$$

Die Leerlaufverluste und Magnetisierungsleistung ( $N_0$ ) und ( $N_\mu$ ) sollen bei Ermittlung der Primärleistung zunächst mit berücksichtigt werden. Entsprechend Schaltplan Bild 2 wird bei sehr guter Genauigkeit des Ergebnisses hierbei so vorgegangen, daß jeweils die Hälfte vorgenannter Verluste als an den Primär- und Sekundärklemmen angreifend gedacht werden. Dann werden die für die Verluste im Transformator maßgebenden Leistungsanteile:

$$N'_{w_2} = (N_{w_2} + \frac{1}{2} N_0) \text{ kW}; \quad N'_{b_2} = (N_{b_2} + \frac{1}{2} N_\mu) \text{ bkW}, \quad (9)$$

daraus:  $\text{tg } \varphi'_2 = N'_{b_2} / N'_{w_2}$ ; somit ist auch  $\cos \varphi'_2$  bekannt und es wird:

$$N'_2 = \frac{N'_{w_2}}{\cos \varphi'_2} \text{ kVA}. \quad (10)$$

Diesen sekundären Wirk- und Blindleistungen sind die Verluste im Transformator hinzuzufügen. Mit den Werten aus Gl. (1) und nach entsprechender Umwandlung werden:

$$\Delta N'_w = \frac{u'_r}{100} \cdot N'_2 \text{ kW}; \quad \Delta N'_b = \frac{u'_s}{100} \cdot N'_2 \text{ bkW}. \quad (11)$$

Somit betragen die an den Primärklemmen erforderlichen Leistungsanteile:

$$N_{w_1} = N_{w_2} + N_0 + \Delta N'_w \text{ kW}; \quad (12)$$

$$N_{b_1} = N_{b_2} + N_\mu + \Delta N'_b \text{ bkW}.$$

Daraus:

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{N_{b_1}}{N_{w_1}}. \quad (13)$$

Hiermit liegt auch  $\cos \varphi_1$  fest. Die Primärleistung, die gleich der Nennleistung des Generators ist, beträgt somit:

$$N_1 = \frac{N_{w_1}}{\cos \varphi_1} \text{ kVA}. \quad (14)$$

b) Kapazitive Belastung. — Entsprechend Gl. (9) sind hier die sekundären Ausgangswerte:

$$N'_{w_2} = (N_{w_2} + \frac{1}{2} N_0) \text{ kW}; \quad N'_{b_2} = (N_{b_2} - \frac{1}{2} N_\mu) \text{ bkW} \quad (15)$$

und die Primärwerte, mit den Verlusten nach Gl. (11):

$$N_{w_1} = N_{w_2} + N_0 + \Delta N'_w \text{ kW}; \quad N_{b_1} = N_{b_2} - (N_\mu + \Delta N'_b) \text{ bkW} \quad (16)$$

Mit Gl. (13) und (14) ergibt sich die Primär-Scheinleistung in kVA.

**B) Überschlätiges Rechenverfahren**

a) Bei Vernachlässigung von  $N_0$  und  $N_\mu$  ist die Primärspannung ebenfalls aus Gl. (5) zu errechnen, wobei die prozentualen Spannungsabfälle nicht auf  $N'_2$  sondern auf  $N_2$  umzurechnen sind. Für die prozentualen Leistungsverluste ist  $N_2$  maßgebend, so daß nach Zusammenfassung und Vereinfachung der Gl. (11) und (12) für induktive Belastung wird:

$$N_1 = \frac{N_2}{100} \cdot \sqrt{100^2 + u'_k{}^2 + 200 u'_\varphi} \text{ in kVA}. \quad (17)$$

Der Wurzelausdruck ist der gleiche wie bei Ermittlung der primären Spannung, wodurch die Rechnung wesentlich vereinfacht wird. Der primäre Leistungsfaktor wird dann:

$$\cos \varphi_1 = \frac{100 \cdot \cos \varphi_2 + u'_r}{\sqrt{100^2 + u'_k{}^2 + 200 u'_\varphi}}. \quad (18)$$

Bei kapazitiver Belastung können die Formeln (17) und (18) ebenfalls benutzt werden, nur ist  $u'_\varphi$  entsprechend Gl. (7) einzusetzen.

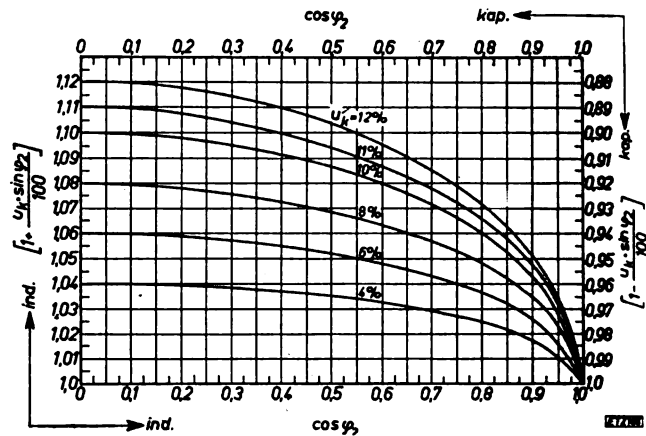


Bild 4. Kurventafel zur Ermittlung von Spannungs- und Leistungsänderung für induktive und kapazitive Belastung.

b) Vernachlässigung von  $N_0$ ,  $N_\mu$  und Wirkspannungsabfall  $u_r$ . — Unter diesen Annahmen folgt aus Bild 3 für induktive Belastung, mit  $u_k \approx u_s$ :

$$U_1 \approx U_2 \left[ 1 + \frac{u_k \sin \varphi_2}{100} \right]. \quad (19)$$

Analog den bereits abgeleiteten Beziehungen kann ferner gesetzt werden:

$$N_1 \approx N_2 \left[ 1 + \frac{u_k \sin \varphi_2}{100} \right]; \quad (20) \quad \cos \varphi_1 \approx \frac{\cos \varphi_2}{1 + \frac{u_k \sin \varphi_2}{100}}. \quad (21)$$

Bei kapazitiver Belastung ist für  $\sin \varphi_2$  der negative Wert einzusetzen.

Aus Bild 4 kann in Abhängigkeit von  $\cos \varphi_2$  der Wert für den in Gl. (19 ... 21) enthaltenen Klammerausdruck für verschiedene Kurzschlußspannungen abgelesen und die Untersuchung in erster Annäherung ohne großen Arbeits- und Zeitaufwand durchgeführt werden. Das folgende Beispiel soll zur Erläuterung des Rechenganges beitragen und die Unterschiede in den Ergebnissen zwischen genauem und angenähertem Rechengang aufzeigen.

**Beispiel**

Gefordert sind an den Oberspannungsklemmen des Transformators Bild 1:

$N_2 = 36500 \text{ kVA}$ ;  $U_2 = 125-115-105 \text{ kV}$ ;  $\cos \varphi_2 = 0,7 \text{ ind.}$   
 und:  $N_2 = 20000 \text{ kVA}$ ;  $U_2 = 100 \text{ kV}$ ;  $\cos \varphi_2 = 0,5 \text{ kap.}$   
 Gesucht sind die primärseitigen Leistungen, Spannungen und Leistungsfaktoren.

Gewählt wird ein Transformator mit der DIN-Normenleistung:  $N_T = 40000 \text{ kVA}$  und einer Leerlaufübersetzung 10/115,0 kV. Die Nennwerte sind nach DIN 42 508:

Nennleistung:	$N_T = 40000 \text{ kVA}$
Leerlaufübersetzungsverhältnis:	$\ddot{u} = 10/115 \text{ kV}$
Kurzschlußspannung:	$u_k = 11\%$
Kupferverluste:	$N_k = 280 \text{ kW}$
Leerlaufverluste:	$N_0 = 68 \text{ kW}$
Magnetisierungsleistung: (geschätzt zu 1,25%):	$N_\mu = 500 \text{ bkW}$
Sättigungswerte:	bei 10 kV: 13 500 G
	" 10,5 kV: 14 200 "
	" 11,5 kV: 15 600 "

**A) Ermittlung der Primärwerte mit dem genauen Rechenverfahren**

Mit  $\cos \varphi_2 = 0,7$  bei 115 kV wird:  $N_{w_2} = 25550 \text{ kW}$ ;  $N_{b_2} = 25915 \text{ bkW}$ . An Hand des Bildes 4 wird überschlägig für  $\cos \varphi_2 = 0,7$  und 11% Kurzschlußspannung die Spannungsänderung zu rd. 1,078, d. s. 7,8% ermittelt, ohne zunächst auf veränderte Leistung umzurechnen. Bei 115 kV Abgabeleistung ist die Primärspannung nach Gl. (19) etwa:

$$U_1 \approx U_2 \cdot 1,078 = 115 \cdot 1,078 = 124 \text{ kV.}$$

Spannung am Generator:  $U'_1 = 124 \cdot \frac{10}{115} = 10,78 \text{ kV.}$

Da die Sättigung fast proportional mit der Spannung ansteigt, ändern sich Leerlaufverluste und Magnetisierungsleistung. Es wird:

$$N_0 = 79 \text{ kW, } N_{\mu} = 580 \text{ bkW.}$$

Demnach findet sich über Gl. (9) u. (10):  $N'_{w_2} = 25 589,5 \text{ kW, } N'_{b_2} = 26 205 \text{ bkW.}$

$$\cos \varphi'_2 = 0,698; \sin \varphi'_2 = 0,715.$$

$$N'_2 = 36 661 \text{ kVA.}$$

Mit Gl. (2) und (4a) wird  $u'_r = 0,642\%$ ,  $u'_k = 10,082\%$ ,  $u'_s = 10,06\%$ .

Die Leistungsverluste ergeben sich nach Gl. (11) zu:

$$N'_w = 235 \text{ kW; } N'_b = 3688 \text{ bkW.}$$

Aus Gl. (12):  $N_{w_1} = 25 864 \text{ kW; } N_{b_1} = 30 183 \text{ bkW}$ , daraus mit Gl. (13) und (14):  $\tan \varphi_1 = 1,167; N_1 = 39 799 \text{ kW,}$

$$\cos \varphi_1 = 0,65.$$

Zur Ermittlung der primärseitigen Spannung nach Gl. (5)

muß  $u'_q$  aus Gl. (6) errechnet werden;  $u'_q = 7,592\%$ . Dann wird  $U_1 = 123,96 \text{ kV}$  bzw. auf die Generatorspannung umgerechnet:

$$U'_1 = 123,96 \cdot \frac{10}{115} = 10,78 \text{ kV.}$$

Dieser Wert stimmt mit der eingangs ermittelten Spannung praktisch überein. Das Ergebnis zeigt bereits, daß ein Rechnen mit den sich aus Bild 4 ergebenden Werten ausreicht, wie auch im folgenden gezeigt.

Der Generator muß demnach bei Abgabe von 36 500 kVA mit  $\cos \varphi_2 = 0,7$  ind. und 115 kV auf der Oberspannungsseite ausgelegt sein für:

$$U_1 = 10,78 \text{ kV; } N_1 = 39 800 \text{ kVA; } \cos \varphi_1 = 0,65.$$

**B) Überschlägige Rechnung**

Vernachlässigt man zunächst nur  $N_0$  und  $N_{\mu}$ , rechnet die auf Nennleistung bezogenen Spannungsabfälle nach Gl. (2), (3) und (4a) um, so findet sich mit (6) und (5)  $U_1 = 123,94 \text{ kV}$ , über (17) und (18)  $N_1 = 39 336 \text{ kVA, } \cos \varphi_1 = 0,655$ .

Nach dem ersten überschlägigen Rechenverfahren ergibt sich demnach eine Primärleistung, die um rd. 1,25% kleiner ist als die im genauen Rechengang ermittelte. Dies ist auf Vernachlässigung, besonders der Magnetisierungsleistung, zurückzuführen.

Werden  $N_0, N_{\mu}$  und  $u_r$  vernachlässigt, findet man wie vorher  $u'_k = 10,037\%$ . Aus Bild 4 folgt mit  $\cos \varphi_2 = 0,7$  und Gl. (19 ... 21)

$$U_1 = 10,73 \text{ kV, } N_1 = 39 200 \text{ kVA, } \cos \varphi_1 = 0,652.$$

Bei Spannung und Leistung ergeben sich gegenüber der genauen Rechnung nach A) Unterschiede von 0,5 und 1,5%.

Spannungsänderungen im Transformator können daher nach diesem Verfahren in jedem Fall ausreichend genau ermittelt werden; für Leistungen ist ein prozentualer Zuschlag zu machen, der in Höhe der Magnetisierungsleistung liegt.

Entsprechend der Aufgabenstellung soll die volle Leistung auch bei 125 kV und 105 kV mit  $\cos \varphi_2 = 0,7$  abgegeben werden. Für 125 kV findet man  $u'_k = 8,5\%$ ,  $U_1 = 132,8 \text{ kV, } U'_1 = 11,53 \text{ kV}$ ; die erforderliche Generatorleistung wird  $N_1 = 38 800 \text{ kVA, } \cos \varphi_1 = 0,658$ , die Magnetisierungsleistung steigt auf  $N_{\mu} = 670 \text{ bkW}$ , d. s. rd. 1,7% von 40 MVA. Ein gleicher prozentualer Zuschlag auf die Primärleistung gibt die Generator-Nennleistung  $N_1 = 39 400 \text{ kVA.}$

Für 105 kV wird  $U_1 = 114 \text{ kV, } U'_1 = 9,92 \text{ kV}$ , die erforderliche Generatorleistung  $N_1 = 39 600 \text{ kVA.}$  Ferner wird  $\cos \varphi_1 = 0,644, N_{\mu} = 490 \text{ bkW}$  (1,22% von 40 MVA) und  $N_1 = 40 000 \text{ kVA.}$

Sind 20 000 kVA bei  $\cos \varphi_1 = 0,5$  und 100 kV k a p a z i t i v abzugeben, so erhält man  $N_1 = 18 750 \text{ kVA, } \cos \varphi_1 = 0,535, N_{\mu} = 330 \text{ bkW}$  (0,82%) und nach Abzug  $N_1 = 18 600 \text{ kVA.}$  Der Generator muß also für folgende Werte ausgelegt werden:

$N_1$ kVA	$\cos \varphi_2$	$U_2$ kV	$U_1$ kV	$N_1$ kVA	$\cos \varphi_1$
36 500	0,7	115	10,78	39 800	0,65
36 500	0,7	125	11,53	39 400	0,658
36 500	0,7	105	9,92	40 000	0,644
20 000	0,5 kap.	100	8,14	18 600	0,535

**Zusammenfassung**

Die Abgabeleistung von Transformatoren ist bei  $\cos \varphi < 1,0$  ind. stets kleiner als die Nennleistung. Die Generatorleistung ergibt sich aus Abgabeleistung auf der Sekundärseite des Transformators zuzüglich Verlusten im Transformator. Die gegenüber den Wirkverlusten wesentlich höheren Blindverluste sind hier ausschlaggebend. Für Auslegung von Generator und Transformator sind neben der Leistung die netzseitig gegebenen Spannungsverhältnisse und der Abgabecos  $\varphi$  bestimmend. An Hand des Vergleiches der Ergebnisse aus genauen und überschlägigen Verfahren zeigt sich, daß bei praktisch ausreichender Genauigkeit der vereinfachten Rechengang genügt. An Hand von Kurven können ohne großen Rechen- und Zeitaufwand die Primärwerte ermittelt werden. Die Nennleistung der Transformatoren ist den in DIN 57 532 genormten Werten anzupassen.

**Schrifttum**

- [1] O. Burger: Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen. Verlag J. Springer, Berlin 1936.
- [2] K. H. Kysler: Die Berechnung der Kurzschluß-Abschaltleistung und des Einschaltstromes mit Hilfe der prozentualen Spannungsabfälle. Siemens-Z. (1939) H. 11. — Lastverteilung auf Transformatoren im Parallellauf. Technik, Bln., (1946) H. 5.

**Direktanzeigende Brennspannungs-Meßgeräte für Großgleichrichter**

Von Kurt Müller-Lübeck, Berlin

DK 621.317.725 : 621.314.65

**Übersicht.** Durch neue Meß- und Steuermethoden mit Mitteln der Hochfrequenztechnik ist es möglich geworden, direktanzeigende Geräte großer Genauigkeit und mit nahezu unbegrenztem Spannungsbereich zu schaffen, die die Brennspannung eines unter voller Betriebsspannung stehenden Gleichrichters überwachen und Betriebsstörungen des Gleichrichtergerätes messend zu verfolgen gestatten.

Die nachfolgend beschriebenen Meßgeräte dienen zur unmittelbaren Messung der als „Brennspannung“ bezeichneten Lichtbogenspannung eines in normalem Betrieb befindlichen ungesteuerten oder gesteuerten Gleichrichters. Sie ermöglichen oszillographische Aufnahmen des Verlaufes der Spannung einer Entladungsstrecke zwischen Anode und Kathode bei abgetrennter negativer Sperrspannung mit einem Kathodenstrahl- und Schleifenoszillographen, die direkte Anzeige des Höchstwertes oder des zeitlichen Mittel-

wertes der Brennspannung und endlich den Anschluß registrierender Instrumente oder störungsmeldender Geräte. Die Meßgeräte normaler Ausführung sind für Gleichspannungen bis etwa 1500 V und darüber verwendbar, es ist jedoch nur eine untergeordnete Bemessungsfrage und ein Isolierproblem, Geräte für Hochspannungsgleichrichter für 20 000 V Gleichspannung und darüber auszuführen. Hinsichtlich der Meßgenauigkeit der beschriebenen Geräte sind diese der bisher gelegentlich verwendeten wattmetrischen Methode mindestens ebenbürtig, wobei jedoch gesagt werden muß, daß die letztere Methode zu diesen Meßgeräten nicht „in Konkurrenz“ steht, da sie in der Betriebspraxis wegen der Kompliziertheit ihres Aufbaues und wegen des meist nicht durchführbaren Eingriffes in die Anodenstrom-

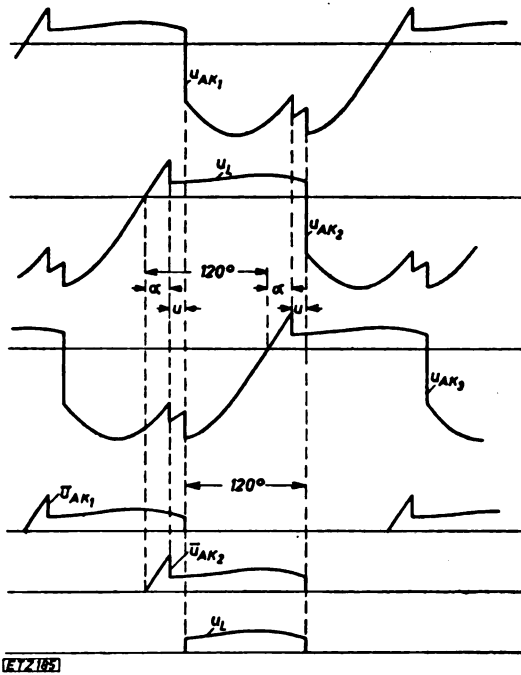


Bild 1. Die Bildung der Lichtbogen-Meßspannung  $U_L$  aus der Anoden-Kathoden-Spannung  $U_{AK}$  eines gesteuerten Dreiphasen-Gleichrichters.

leitungen nur im Prüffeld anwendbar ist, dabei nur über jeweils eine Anode Aufschluß gibt und für jede Messung noch die Division zweier Meßwerte erfordert.

Die Brennspannung ist neben der Höhe des Vakuums die wichtigste Betriebsgröße eines Gleichrichtergefäßes, an ihr zeigen sich Betriebsstörungen am unmittelbarsten, ihre Größe ist der Maßstab für die richtige Temperaturhaltung des Gefäßes, bei den sog. pumpenlosen Eisgleichrichtern bietet die Überwachung der Brennspannung den einzigen Einblick in die strommäßigen Funktionen des Gefäßes überhaupt.

Die im folgenden beschriebene Messung beruht auf einer meßtechnischen Austastung der Brennspannung aus der „Anodenspannung“, wie wir künftig die Spannung einer Entladungsstrecke zwischen einer Anode und der Kathode des Gleichrichtergefäßes nennen wollen. Dabei ist die sehr schwer zu erfüllende Bedingung gestellt, daß die aus der Anodenspannung abgegriffene, im Bereich 15...35 V liegende Brennspannung auf wenige zehntel Volt genau meßtechnisch erfaßt werden muß, während die übrigen nicht zur Brennspannung gehörenden Spannungen vor und nach der Brenndauer des Anodenstromes mit Werten bis zu einigen tausend Volt bis auf wenige zehntel Volt herunter meßtechnisch auszuschalten sind. Um dies genauer erläutern zu können, sind in Bild 1 für das beliebige angenehme einfache Beispiel eines gittergesteuerten Dreiphasengleichrichters die Oszillogramme der Spannungen  $U_{AK1}$ ,  $U_{AK2}$ , ... zwischen

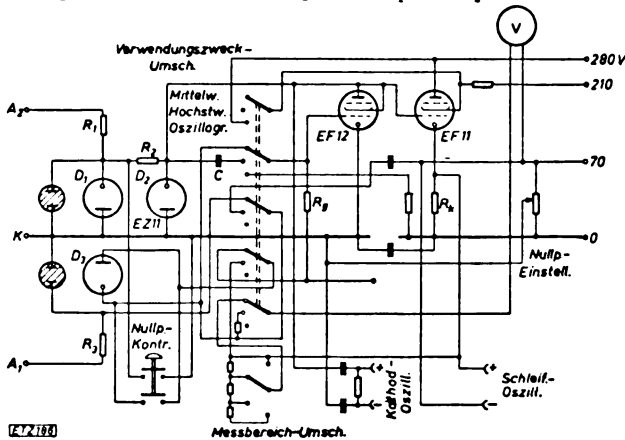


Bild 2. Prinzipschaltbild des Universal-Brennspannungsmess- und -oszillographengerätes.

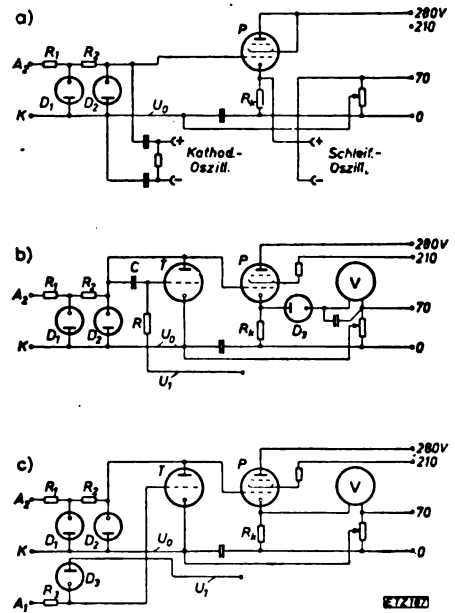


Bild 3. Die drei Grundschaltungen des Universal-Brennspannungsmess- und -oszillographengerätes: a) Oszillographieren, b) Höchstwertmessung, c) Mittelwertmessung.

drei in der Zündfolge aufeinanderfolgenden Anoden  $A_1$ ,  $A_2$ , ... und der Kathode  $K$  wiedergegeben. Darin ist  $\alpha$  der Zündverzögerungswinkel, die in seinem Bereich positive Anodenspannung entspricht der Transformatorspannung des Gleichrichters. Mit  $u$  ist der sog. Kommutierungswinkel oder die Überlappungsdauer der Anodenströme bezeichnet. Die Brenndauer der Anodenströme ist in diesem Beispiel  $120^\circ + u$ , die in ihr bestehende Lichtbogenspannung soll  $u_L$  heißen. Die am Ende der Brenndauer einsetzende negative Anodenspannung ist die sog. negative Sperrspannung.

Für die zur Brennspannungsmessung erforderlichen meßtechnischen Prozesse sind bei den nachfolgend beschriebenen Schaltungen aus Gründen der Meßgenauigkeit ausschließlich Hochvakuumröhren verwendet worden<sup>1</sup>, das besondere Merkmal der Schaltungen ist dabei zunächst, daß die am schwersten zu beherrschende negative Sperrspannung von den Röhren völlig ferngehalten ist und die eigene Anodenspannung der Röhren in die Messung praktisch nicht einght.

### 1. Wirkungsweise und Ausführung eines Brennspannungsmessgerätes

Die zur Lösung des meßtechnischen Problem es eingeschlagenen Wege und die schaltungsmäßigen Eigentümlichkeiten sollen an dem nachfolgend beschriebenen Universal-Brennspannungsmess- und -oszillographiergerät, dessen Prinzipschaltbild in Bild 2 wiedergegeben ist, näher erläutert werden. Das Gerät mißt wahlweise die Höchst- und die Mittelwerte der Brennspannung. Es gestattet den Anschluß eines Kathodenstrahl- und eines Schleifenoszillographen zur Aufnahme der positiven Anodenspannung mit Einschluß der Brennspannung. Die verschiedenen Verwendungszwecke sind mit einem mehrpoligen Umschalter mit den drei Stellungen „Oszillographieren — Höchstwertmessung — Mittelwertmessung“ herbeizuführen, die entsprechenden Schaltungen des Gerätes sind der besseren Übersicht wegen in Bild 3 besonders herausgezeichnet. Für die weiteren Erklärungen vermerken wir, daß in bezug auf die in Bild 1 dargestellten Anodenspannungen die Spannung  $u_{AK}$  zwischen der Anode  $A_2$  und der Kathode  $K$  Gegenstand der Brennspannungsmessung sein soll.

Allen drei Schaltungen in Bild 3 gemeinsam sind zunächst die zur Abtrennung der negativen Sperrspannung dienenden Eingangsdioden  $D_1$  und  $D_2$  mit den Vorwider-

<sup>1</sup> Über ältere Brennspannungsmessgeräte mit Glühkathoden-Quecksilberdampf-Röhren vgl. Müller-Lübeck: Ein direktzeigendes Lichtbogenabfall-Meßgerät für Gleichrichter; Jb. AEG-Forsch.-Inst. 1933 34, ferner in dem Buch des Verf. „Theorie der Stromrichter“ (Verlag Springer 1935) S. 21, ferner die Patente DRP 616284 (1934) und DRP 653214 (1935).

ständen  $R_1$  und  $R_2$ , von denen der erstere ein Hochleistungswiderstand von 100 k $\Omega$  ist. Die Dioden sind so gepolt, daß sie bei Erscheinen der negativen Sperrspannung stromführend werden, wodurch diese Spannung nach dem Widerstand  $R_1$  abgedrängt wird. Die verbleibende Restspannung an der Diode  $D_1$  von einigen Volt wird durch die zweite Diodenstrecke ausgelöscht, bei richtiger Bemessung des Widerstandes  $R_2$  ist die Spannung an der zweiten Diode  $D_2$  entweder Null oder wenige zehntel Volt positiv oder negativ. Bei positiver Anodenspannung  $u_{AK_1}$  sind die Dioden stromlos und die Eingangsspannung liegt über den Vorwiderstand  $R_1 + R_2$  an der Diode  $D_2$ . Die so „gleichgerichtete Anodenspannung“ ist in Bild 1 mit  $\bar{u}_{AK_1}$  bezeichnet, die entsprechende gleichgerichtete Anodenspannung der Vorgängeranode  $A_1$ , die bei der Mittelwertmessung eine steuertechnische Rolle spielen wird, mit  $\bar{u}_{AK_1}$ .

Weiterhin allen drei Schaltungen gemeinsam ist die als sog. Kathodenverstärker geschaltete Pentode  $P$ , deren Merkmal der kathodenseitig liegende Arbeitswiderstand  $R_K$  ist. Sie hat die Aufgabe, die an der Diode  $D_2$  erscheinende Brennspannung ohne Stromentnahme, mithin ohne Spannungsabfälle an dem Widerstand  $R_1 + R_2$  praktisch linear auf den Spannungsmeser oder einen anderen Meßkreis zu übertragen. Es zeigt sich, daß eine derartige Kathodenverstärkerstufe nicht nur dazu imstande ist, sondern auch einen sog. niederohmigen Ausgang herstellt, also eine strommäßige Belastung des Ausgangskreises gestattet<sup>2</sup>. Durch Abgriff der Ausgangsspannung zwischen der Kathode der Pentode und einer aus einer Stabilisatorstrecke entnommenen Hilfsspannung läßt sich genaue Proportionalität zwischen der Eingangsspannung an der Diode  $D_2$  und der Ausgangsspannung erreichen, das Übersetzungsverhältnis ist wenig unter 1. Der Nullpunkt wird mit einem Potentiometer eingestellt, das dem Steuergitter der Pentode eine solche Vorspannung erteilt, daß die sog. „Kathodenruhespannung“ bei Diodenspannung Null gleich der genannten Hilfsspannung wird. Die Ausgangsspannung bezeichnen wir mit  $u_V$ .

Wir gehen nunmehr auf die unterschiedlichen Merkmale der drei Schaltungen ein, dabei sind die beiden Meßschaltungen durch die steuertechnische Einrichtung zur Auslöschung der positiven Anodenspannung im Bereich der Zündverzögerung  $\alpha$  gekennzeichnet.

a) **Oszillographieren.** — Bei oszillographischen Untersuchungen interessiert der gesamte Verlauf der positiven Anodenspannung  $\bar{u}_{AK_1}$ . Um dementsprechend möglichst hohe Eingangsspannungen linear übertragen zu können, ist das Schirmgitter der Pentode mit der Anode verbunden. Die unter diesen Umständen erzielte Arbeitskennlinie der Kathodenstufe zeigt Bild 4, sie verläuft bis etwa 100 V Eingangsspannung genau linear. Bei Belastung tritt eine Spannungssenkung ein, die etwa einer Spannungsquelle mit 400  $\Omega$  Innenwiderstand entspricht.

b) **Höchstwertmessung.** — Die bei der Brennspannungshöchstwertmessung verwendete Steuereinrichtung zur Auslöschung der positiven Anodenspannung  $\bar{u}_{AK_1}$ ,

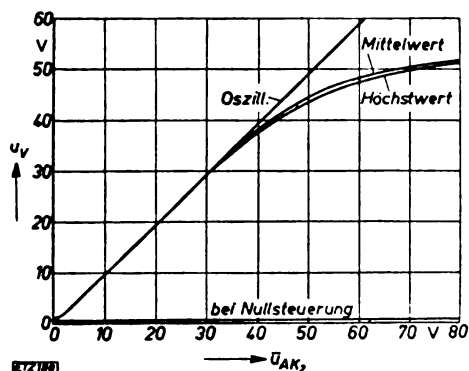


Bild 4. Gemessene Arbeitskennlinien der Kathodenstufe nach Bild 3.

<sup>2</sup> Vgl. Müller-Lübeck: Über die Arbeitsweise eines Kathodenverstärkers. Elektr. Nachr.-Techn. 19 (1942) S. 253.

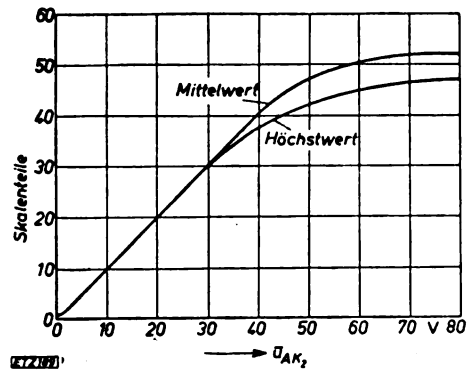


Bild 5. Eichkennlinien des Brennspannungs-Meßgerätes nach Bild 3, mit Gleichspannungs-Impulsen von 120° Länge gemessen.

im Bereich der Zündverzögerung  $\alpha$  besteht aus einer parallel zur Diode  $D_2$  liegenden Triode  $T$ , die bei Diodenspannung Null gesperrt ist, jedoch bei Erscheinen der positiven Anodenspannung durch die Kopplungselemente  $C$  und  $R_G$  des Steuergitters vorübergehend stromführend wird. Dieser Triodenstrom führt wegen der Spannungsabfälle an den Widerständen  $R_1$  und  $R_2$  zum Zusammenbruch der Diodenspannung bis auf eine Restspannung von wenigen zehntel Volt. Bei richtiger Wahl der Zeitkonstanten  $R, C$  erreicht man bei ungesteuerten Gleichrichtern eine Abtrennung der Zündspitze der Brennspannung, wobei ein kleiner Teil ihres Anfangsverlaufes verloren geht, während bei gesteuerten Gleichrichtern bemerkenswerterweise genau die positive Anodenspannung im Bereich der Zündverzögerung abgeschnitten wird, und zwar bis zu Zündwinkeln von 60° und darüber. Der Höchstwert selbst wird über die Diode  $D_3$  und den Ladekondensator mit dem Voltmeter  $V$  gemessen. Die Meßmethode erfordert den Anschluß von nur jeweils einer Anode des Gleichrichters.

c) **Mittelwertmessung.** — Bei der Mittelwertmessung der Brennspannung erfolgt die Auslöschung der positiven Anodenspannung  $\bar{u}_{AK_1}$ , die man auch als „Nullsteuerung“ dieser Spannung bezeichnen kann, mit der gleichen Triode als Steuerröhre wie vorhin, nur kommt es jetzt darauf an, die Brennspannung über eine unabhängige feste Zeitdauer, beispielsweise 120°, auf den anzeigenden Spannungsmeser wirken zu lassen. Dazu ist notwendig, die Nullsteuerung der positiven Anodenspannung genau über die Zeitdauer  $\alpha + u$ , also auf den ganzen Überdeckungsbereich der in Bild 1 wiedergegebenen Spannungen  $\bar{u}_{AK_1}$  und  $\bar{u}_{AK_2}$  der Anoden  $A_1$  und  $A_2$  zu erstrecken, so daß diejenige Brennspannung verbleibt, deren Kurvenverlauf in Bild 1 als letzte Kurve gezeigt ist. Um dies zu erreichen, ist das Steuergitter der Triode  $T$  mit der Diode  $D_3$  verbunden, die über den Vorwiderstand  $R_3$  die positive Anodenspannung  $\bar{u}_{AK_1}$  von  $A_1$  heranzführt.

Die verschiedenen Brenndauerwerte je nach der Art der Gleichrichter sind durch verschiedene Vorwiderstände des Spannungsmessers berücksichtigt. Sie beziehen sich auf die aufsteigenden Verhältniszahlen  $m/p = 1/6, 1/4, 1/3, \dots$ , worin  $p$  die Phasenzahl des Gleichrichters, d. h. die Zahl der Zündfolgen der Anoden in einer Vollperiode der Wechselspannungen und  $m$  die sog. „Anodenbeteiligung“, d. h. die Zahl der außerhalb der Kommutierung gleichzeitig brennenden Anoden verschiedener Phase bedeutet (z. B. ist bei einem Sechphasengleichrichter mit zweiphasigem Saugtransformator  $p = 6$  und  $m = 2$ , also  $m/p = 1/3$ ). Der Fall  $m/p = 1/2$  erfordert eine modifizierte Steuerung, da sich hierbei die Anodenspannungen  $\bar{u}_{AK_1}$  und  $\bar{u}_{AK_2}$  vorderseitig und rückseitig überdecken.

Die Eichkennlinien des anzeigenden Spannungsmessers, aufgenommen mit rechteckigen Gleichspannungsimpulsen von 120° Länge, zeigt Bild 5. Die Meßgenauigkeit des Gerätes beträgt etwa  $\pm 0,3$  V. Die bei beiden Kennlinien oberhalb von 40 V einsetzende Krümmung mit Übergang zu einer Grenzspannung im Bereich von 50 V stellt eine absichtliche Spannungsbegrenzung zum Schutz des Spannungs-

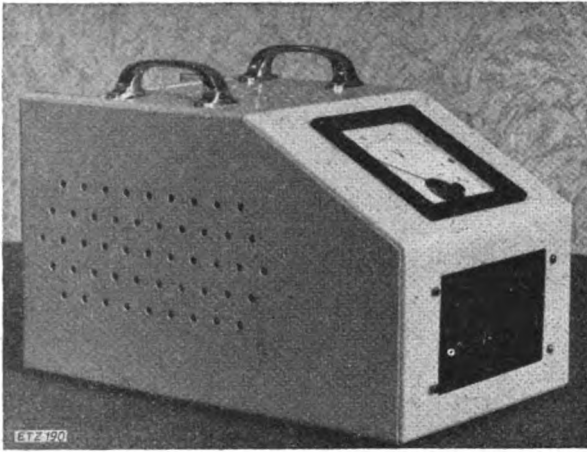


Bild 6. Ansicht des Universal-Brennspannungsmeß- und -oszillographiergerätes.

messers dar, die durch Anschluß des Schirmgitters der Pentode über einen Vorwiderstand an eine etwas niedrigere Spannung als die Anodenspannung erreicht worden ist.

Eine Ausführungsform des Meßgerätes als transportables Labor- und Prüffeldgerät zeigt Bild 6. Dieses Gerät ist im normalen Gebrauch für Gleichrichter mit Gleichspannungen bis zu 1500 V ausgelegt. In der Projektierung liegen jedoch bereits Geräte für Gleichspannungen bis 20 000 V und darüber vor. Drei mit dem abgebildeten Gerät aufgenommene Brennspannungszoszillogramme sind in Bild 7 wiedergegeben.

Es ist bemerkenswert, daß man mit dem beschriebenen Gerät nach der Schaltung Bild 3 a noch eine gänzlich andere Untersuchung durchführen kann, nämlich das Oszillographieren eines Anodenstromes mit richtig übertragener Gleichstromkomponente. Hierzu verwendet man einen Stromwandler mit kurzgeschlossener Sekundärwicklung, der noch eine zweite offene Sekundärwicklung besitzt. An dieser Wicklung tritt eine dem Anodenstrom kurvenformgleiche Spannung mit „verlorener“ Gleichspannungskomponente auf. Legt man diese Spannung an die Anschlußbuchsen für „Kathodenstrahlzoszillograph“ und überbrückt man die Diode  $D_2$  mit einem hochohmigen Widerstand, so wird die Spannung durch den auftretenden „Audioneffekt“ im Sinne der Wiederherstellung ihrer ursprünglichen Gleichstromkomponente versetzt, so daß an den Buchsen für „Schleifenzoszillograph“ das genaue Abbild des Anodenstromes erscheint.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß es mit einem zweckdienlich gesteuerten, an einen anodenseitigen Shunt angeschlossenen Zwischenverstärker möglich ist, mit dem Brennspannungs-Meßgerät den Rückstrom des Stromrichtergerätes zu oszillographieren.

**2. Beispiel eines Brennspannungs-Meßgerätes vereinfachter Schaltung**

Über die verschiedenen Möglichkeiten der Schaltungsausführungen direktanzeigender Brennspannungs-Meßgeräte kann hier auch nicht annähernd erschöpfend berichtet werden. Es soll nur noch eine vereinfachte Schaltung für ein Brennspannungs-Höchstwertmeßgerät in Bild 8 gezeigt wer-

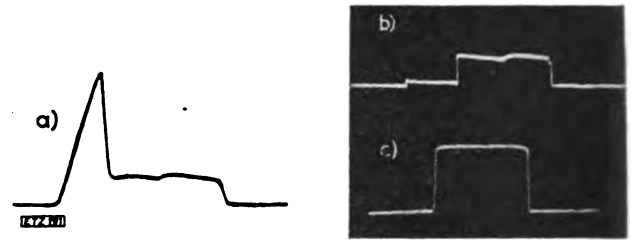


Bild 7. Einige mit dem Gerät aufgenommene Brennspannungs-Oszillogramme; Gleichrichterschaltung in allen Fällen Sechschphasenstern mit zweiphasiger Saugdrossel.

- a) Schleifenzoszillogramm der positiven Anodenspannung und Brennspannung eines gesteuerten pumpenlosen AEG-Eisengleichrichters von 1000 A Nennstrom bei Formierbetrieb bei niedriger Trafospaltung, 500 A Gleichstrom und  $\alpha = 60^\circ$ , Gerät auf „Oszillographieren“ eingestellt (Prüffeld AEG).
- b) Kathodenstrahlzoszillogramm der Brennspannung eines gesteuerten pumpenlosen SSW-Eisengleichrichters von 1000 A Nennstrom und 1200 V max. Nenngleichspannung bei 300 A Gleichstrom, 630 V Gleichspannung und  $\alpha = 60^\circ$ , Gerät auf „Mittelwertmessung“ eingestellt (Prüffeld SSW).
- c) Kathodenstrahlzoszillogramm der Brennspannung eines älteren ungesteuerten BBC-Glasgleichrichters von 350 A Nennstrom bei Bahnbetrieb bei 200 A Gleichstrom und 620 V Gleichspannung, Gerät auf „Mittelwertmessung“ eingestellt, mit eingeschaltetem Oszillographenverstärker (Bewag-Gleichrichterstation, Berlin-Spandau)

den, die unter Umständen für stationär einzubauende Geräte entsprechend den stationär eingebauten Vakuummetern in Betracht kommt. Bei dieser Schaltung weist der Gleichrichtungseingang nur eine Diode auf, die Steuer- und die Kathodenverstärkerröhre sind zu einer kombinierten Triode/Tetrode vereinigt, wobei aber ein anderes Steuerprinzip ge-

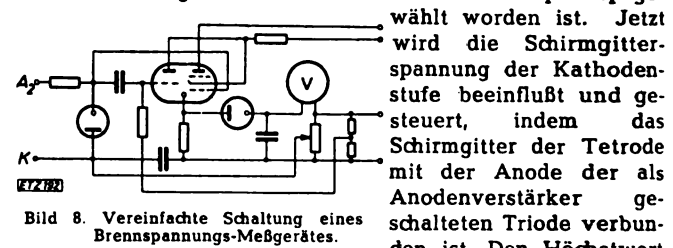


Bild 8. Vereinfachte Schaltung eines Brennspannungs-Meßgerätes.

wählt worden ist. Jetzt wird die Schirmgitterspannung der Kathodenstufe beeinflusst und gesteuert, indem das Schirmgitter der Tetrode mit der Anode der als Anodenverstärker geschalteten Triode verbunden ist. Den Höchstwert der Ausgangsspannung

mißt man wieder über eine weitere Diode und den zugehörigen Ladekondensator.

Für ihre Unterstützung bei der Durchführung von Erprobungsversuchen danke ich den Firmen AEG-Fabriken, Brunnenstraße, Siemens-Schuckert-Gerätewerk sowie der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Berlin-Steglitz.

**Zusammenfassung**

Um bequem und unmittelbar die Brennspannung eines Gleichrichters im normalen Betrieb überwachen zu können, um eine Feinstrukturuntersuchung des Brennspannungsverlaufes vornehmen und Störungsursachen im Gleichrichtergerätfäß verfolgen zu können, ist ein direkt anzeigendes Meßgerät geschaffen worden, dessen Grundschaltung aus einer Diodengruppe und einem Kathodenverstärker besteht. Für die Brennspannungsmessung ist noch eine zusätzliche Steuerung vorhanden. Wegen ihrer besonderen Übertragungseigenschaften ermöglicht die Grundschaltung das Oszillographieren des Anodenstromes und mit einem weiteren Vorsatzgerät das Oszillographieren auch des Rückstromes im Gleichrichtergerätfäß.

DK 621.318.42

**Magnetische Verstärker mit Steuerkreisen relativ geringer Zeitkonstante**

Für magnetische Verstärker gilt im „proportionalen Bereich“, in dem Steuer- und Arbeitsstrom voneinander abhängig sind und der zugleich Arbeitsbereich ist, die Beziehung: Steuergleichstrom  $\times$  Steuerwindungszahl = Arbeitswechselstrom  $\times$  Arbeitswindungszahl. Durch Rückkopplung kann man die notwendige Steuerwindungszahl herabsetzen, so daß dann gilt: Steuerstrom-Windungszahl + rückgekop-

pelte Arbeitsstrom-Windungszahl = Arbeitsstrom-Windungszahl. Dadurch wird die Verstärkungsziffer erhöht, d. h. der Quotient aus Leistung im Arbeitskreis und Verlustleistung im Steuerkreis, aber zugleich steigt die Zeitverzögerung zwischen Steuerstromänderung und Arbeitsstromänderung. Um dem zu begegnen, wird der ohmsche Widerstand im Steuerkreis so weit erhöht, daß wieder die Regelgeschwindigkeit ohne Rückkopplung erreicht wird. Allerdings verringert sich damit auch die durch Rückkopplung erzielte Erhöhung der Verstärkungsziffer; immerhin läßt sich noch der Wurzelwert aus dem ursprünglichen Vielfachen der Verstärkungsziffer erreichen.

Schg

<sup>1</sup> Nach H. F. Storm: Electr. Engng. 69 (1950) S. 623; 1 S., 1 B.

# Das Titan und seine Verbindungen in der Elektrotechnik

Von W. M. H. Schulze, Berlin

DK 621.3 : 546.821

**Übersicht.** Kurzer Überblick über Vorkommen, Gewinnung, Eigenschaften und elektrotechnische Bedeutung des Titans, seiner Legierungen und Verbindungen.

Das Titan gehört zusammen mit Zirkon, Hafnium und Thorium zur Nebenserie der Kohlenstoff-Silizium-Gruppe des periodischen Systems der Elemente. Da früher das Titan und seine Verbindungen nur wenig technisch verwendet wurden z. B. als Vergütungs- und Pigmentzusatz als Ferrotitan bei Stählen, als Gummifüllstoff, lichtechtes Pigment für Farben, so war auch in der Chemie das Interesse für dieses Element gering.

**1. Titan-Vorkommen.** — Titan ist keineswegs selten in der irdischen Gesteinsrinde, deren durchschnittlicher Gehalt an Titandioxyd ( $TiO_2$ ) auf rd. 0,63% veranschlagt wird [9, 10], also höher ist als der an Kohlenstoff. Gedeihen freilich kommt es genau wie die meisten Metalle nicht in der Natur vor [6], doch kennt man einige Dutzend Titanminerale<sup>1</sup> mit  $TiO_2$ -Gehalten bis herauf zu nahezu 100% [6]. In vielen anderen Mineralien kommt es außerdem in geringen Mengen bis zu einigen %  $TiO_2$  als akzessorischer Bestandteil vor. Auch wird es öfter in manchen Mineralien im Atomverband derselben das Silizium teilweise durch das zur gleichen Gruppe gehörende und daher ebenfalls vierwertige Titan ersetzt wie z. B. in den sogenannten „Titanaugiten“ mit bis zu 4%  $TiO_2$  [1, 3, 6].

Mehr als die Hälfte des in der Erdrinde überhaupt vorkommenden Titans ist im Ilmenit<sup>2</sup> ( $FeTiO_3$ ) und Titanomagnetit (Gemenge von Ilmenit mit Magnetit  $Fe_3O_4$ ) konzentriert [2, 5], die mithin die Hauptträger des Titans in der Natur verkörpern. Weiterhin kommt noch dem Titanit, einer Doppelverbindung von Kalksilikat  $CaSiO_3$  mit  $TiO_2$  ( $TiO_2$ -Gehalt ~ 35 ... 45%) besondere Bedeutung zu als derjenigen Form, in der das Titan häufig in Tiefengesteinen und kristallinen Schiefen [3] auftritt<sup>3</sup>. Schließlich kommt noch dem bereits erwähnten Rutil<sup>4</sup>, dem Perowskit ( $CaTiO_3$ ) und auch dem Geikilit (MgTiO<sub>3</sub>) und Pyrophanit (MnTiO<sub>3</sub>) einige Wichtigkeit zu. Alle diese Titanminerale kommen vorwiegend in magmatischen Gesteinen und ihrem Gangfolge vor, vor allem häufig in basischen wie Syeniten, Gabbros, Basalten u. ä., gern in gemeinsamer Ausscheidung mit oxydischen Eisenerzen (Titaneisenerze) [5]. Sekundär treten Ilmenit, Titanit u. a. auch in Verwitterungssanden und Sedimentgesteinen häufig auf.

Obgleich auch in Deutschland viele der erwähnten titanhaltigen Gesteine mancherorts anstehen und auch direkte Titanminerale-Fundstellen nicht selten sind [1, 5, 7], so doch nirgends in abbauwürdigem Umfang, selbst nicht in der Titan-Formation der Alpen. Hauptproduzenten sind neben den skandinavischen Ländern vor allem Kanada, USA und Indien. Wahrscheinlich wird bei der jetzt immer größer wer-

denden technischen Bedeutung des Titans und der Verbesserung der Abbau- und Verhüttungsmethoden noch in manchen anderen Ländern (z. B. Rußland, Australien, Indien), vielleicht sogar in Deutschland ein lohnender Abbau möglich sein. Die Küstensande unserer Nord- und Ostsee weisen nämlich Ilmenit, Titanit u. ä. Titanminerale auf, die aus den eiszeitlich verfrachteten Trümmern der skandinavischen Grundgebirge — der Heimat des Titanits — stammen [4, 5]. Durch elektrostatische Aufbereitung, evtl. zusammen mit naßmechanischer Abscheidung, kann aus solchen Sanden leicht fast mineralogisch reiner Ilmenit erhalten werden [8]. Besonders günstig liegen die Verhältnisse am Kurischen Haff [4].

**2. Titan-Gewinnung.** — Durch mannigfache Verhüttungsprozesse [10, 11, 12] wird das Titan in lösliche Verbindungen überführt, aus denen durch Hydrolyse  $TiO_2$  gewonnen wird [10]. Das metallische Titan wird daraus in USA auf folgenden Wegen gewonnen [57]: Einmal wird Titanchlorid ( $TiCl_4$ ), das aus  $TiO_2$  durch Erhitzen mit Kohle im Chlorstrom erzeugt wird [10], bei 1000 °C in Edelgasatmosphäre durch Magnesium reduziert (Magnesium-Reduktionsverfahren). Beim anderen Verfahren wird das Titan durch thermischen Zerfall aus dem analogen Titanjodid erhalten (Jodid-Verfahren). Bei sintermetallurgischer Weiterverarbeitung des so gewonnenen Ti-Pulvers im Hochvakuum oder in Edelgasatmosphäre [13] erhält man sehr reine Metallstücke, die im Gegensatz zu unreinen Titan-Erzeugnissen nicht spröde, sondern duktil, walz- und schmiedbar sind.

**3. Eigenschaften des Titans.** — Das Titan kommt in 2 allotropen Modifikationen vor. Der Umwandlungspunkt zwischen beiden liegt bei rd. 860 ... 870 °C. Unterhalb dieser Temperatur tritt es hexagonal, oberhalb raumzentriert kubisch auf. Der Schmelzpunkt liegt bei 1727 °C. Seine Dichte beträgt 4,5. Im ausgeglühten Zustande ist es ein recht weiches Material, das aber durch Kaltverformung gehärtet und verfestigt werden kann, wie Bild 1 erkennen läßt [13, 14, 15]. Dabei können Festigkeitswerte wie etwa bei Maschinenbaustählen erreicht werden [16]. Unter Berücksichtigung seines geringeren spezifischen Gewichtes freilich ist es den Stählen noch etwas überlegen und wird dann nur noch von gewissen Spezial-Federstählen übertroffen. Andererseits wird es in dieser Hinsicht fast auch von ausgehärtetem Duraluminium erreicht. Den genannten Stählen und Leichtmetall-Legierungen ist Titan weit überlegen hinsichtlich der hohen Seewasserbeständigkeit und Korrosionssicherheit in maritimer Atmosphäre. In dieser Hinsicht soll es sogar dem Platin gleichwertig sein [13, 14, 15]. Infolgedessen dürfte sein Haupteinsatz vor allem im Schiffs- und Flugzeugbau liegen.

Ungünstig ist für manche Zwecke die geringe Warmfestigkeit und Oxydationsbeständigkeit bei höheren Temperaturen [13]. Es ist daher nur bis maximal 600 °C verwendbar [65]. Durch Legierungszusätze, z. B. Chrom, ist man in USA dabei, diesen Mangel weitgehend zu verringern und auch die Festigkeit noch zu erhöhen. Außer Chrom [19] scheinen auch geringe Zusätze von Aluminium, Mangan, Silizium, Beryllium und Bor Vorteile zu versprechen [16, 18].

**4. Titan als Widerstandsmaterial.** — Als Leitungsmaterial kommen Titan und seine Legierungen nicht in Betracht, da es ein ausgesprochen schlechter Leiter ist, der unter den metallischen Elementen nur noch von wenigen wie Quecksilber und Wismuth erreicht oder übertroffen wird. Die niedrigsten Werte für den spezifischen Widerstand werden mit 42 ... 45  $\mu\Omega$  cm mit einem Temperaturkoeffizienten von 0,0055 bei dem nach dem Jodidverfahren hergestellten reinsten Titan erhalten, während man bei dem Mg-reduzierten Titan, das verständlicherweise in seinem Reinheitsgrade meist hinter dem ersteren zurücksteht, Werte von

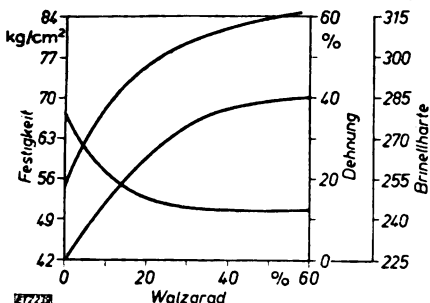


Bild 1. Einfluß des Kaltwalzens auf die mechanischen Eigenschaften des handelsüblichen Titans [14]. Obere Kurve: Festigkeit; Mitte: Brinellhärte; unten: Dehnung.

<sup>1</sup> In Form von Oxyden, Titanaten, Silicotitanaten, Titanoniobaten, Titanboraten u. a.

<sup>2</sup> Benannt nach dem Ilmengebirge im Ural.

<sup>3</sup> So z. B. im Granit und Syenit (Aschaffenburg, Plauenscher Grund, Arenal), in Amphibolit (Schlesien, Zöptau), in Phonolithen (Hegau, Achter See) sowie in Durchkreuzungswillingen als häufiges Drusenmaterial der alpinen Titan-Formation (Fusch, Zillerthal, Pfitsch, Binnental [1, 3]).

<sup>4</sup> Die zu ihm allotropen Modifikationen Brookit und Anatas sind hingegen ziemlich selten und spielen daher praktisch keine Rolle [7].



55 ... 62  $\mu\Omega$  cm mit einem Temperaturkoeffizienten von 0,0033 gefunden hat [13, 17].

Wie die kleine Zusammenstellung in Bild 2 zeigt, entspricht mithin das reine Titan in seinem elektrischen Widerstand etwa ausgesprochenen Widerstandslegierungen wie Nickel, Manganin u. ä. [21]. Durch geeignete Legierungszusätze [15] kann der spezifische Widerstand noch beträchtlich heraufgesetzt werden (Bild 2), so daß von diesen Titanlegierungen sogar etwa das Widerstandsniveau des Chromnickels und anderer moderner hochohmiger Werkstoffe wie Kanthal (Eisen-Chrom-Alum-Kobalt-Leg.) Megapyr (Eisen-Chrom-Aluminium-Leg.) u. ä. völlig oder fast erreicht wird [21]. Wegen der geringen Oxydationsbeständigkeit können diese Titanlegierungen dennoch nicht für Heizwiderstände verwendet werden, da sie sicherlich höchstens halb so hohe maximale Betriebstemperaturen zuließen.

Nach Beobachtungen von Wooster und Macdonald [20] soll sich metallisches Titan sehr gut auch zur Herstellung von Hochohmwiderständen bis zu etwa 100 000 M $\Omega$  eignen, die zwar nicht absolut stabil gegen alle Änderungen der atmosphärischen Bedingungen, aber doch praktisch recht gut brauchbar sein sollen. Es handelt sich hierbei um Schichtwiderstände, die dadurch erzeugt werden, daß man eine unten abgerundete Stange metallischen Titans fest auf eine Glas-, Porzellan- oder eine andere harte, isolierende Oberfläche drückt und darüber hinweg fährt, wobei das Titan einen silbrigen Streifen hinterläßt. Dieses Verfahren kann vielleicht auch für leitende Überzüge auf Dielektriken, z. B. bei Kondensatoren u. dgl., nützlich werden.

Da der Preis des Titan hoch ist<sup>5</sup> und es besondere Vorteile als Widerstandswerkstoff nicht bietet, wird es in der Elektrotechnik für Widerstände kaum größere Bedeutung erlangen. Dagegen soll Titankarbid in USA zunehmend als Kontaktwerkstoff in der Fernmeldetechnik dienen [58].

**5. Titan im Ferromagnetikum.** — Titan ist paramagnetisch und seine spezifische Suszeptibilität bei  $-183$  °C beträgt  $3,02 \cdot 10^{-6}$  und bei  $20$  °C  $3,19 \cdot 10^{-6}$  [21]. Mehr als 14% Ti im Eisen beeinträchtigen die Magnetisierbarkeit [22]. Eisen mit 21,5% Ti ist nur noch schwach, mit 23% sogar überhaupt nicht mehr magnetisierbar [22].

In kleineren Mengen bis zu rd. 1% dem Eisen zugesetzt erhöht Titan ähnlich wie Silizium durch Desoxydation die Magnetisierbarkeit des Eisens, wobei allerdings die Sättigung und der Curiepunkt herabgesetzt werden [22]. Diese desoxydierende Wirkung hängt stark von der Reinheit des Titans ab und ist naturgemäß beim reinsten Titan am größten [22]. Auch die Hysteresisverluste können durch geringe Ti-Zusätze (bis zu etwa 1%) herabgesetzt werden; dieser Einfluß ist aber nicht nennenswert größer als bei Si-Zusätzen. Da Titan zu denjenigen Elementen gehört, die wie auch Beryllium die Möglichkeit zur Aushärtung des Eisens erhöhen, so kann man durch stärkere ( $\approx 3\%$ ) Ti-Zusätze durch Aushärtung die Koerzitivkraft stark erhöhen bis auf Werte von  $> 50$  Oe [22]. Da auch die Remanenz durch den Ti-Zusatz günstig beeinflusst wird und ansteigt [22], ist auch in manchen neuzeitlichen Legierungen für Dauermagnete etwas Titan [23, 28] enthalten, z. B. im „Alnico 6“, einer amerika-

nischen gegossenen Eisenlegierung mit 8% Al, 15% Ni, 24% Co, 3% Cu und 1,25% Ti oder im „Alnico 12“ (6% Al, 18% Ni, 35% Co, 8% Ti) [23]. Bekanntlich gewinnen Magnetit und andere „Ferrite“ als Ferromagnetikum besonders in der Hochfrequenztechnik zunehmende Bedeutung [25]. Sie alle haben die Struktur der Spinelle<sup>6</sup>. Da auch bei Titanaten ein oktaedrischer Gitteraufbau häufig ist, so findet sich unter den neueren Stoffen mit Spinellstruktur das Lithiumeisentitanat ( $\text{LiFeTiO}_4$ ), das daher ebenfalls ferromagnetisch ist und eine Curietemperatur von rd.  $130$  °C besitzt [24].

**6. Titan in Halbleitern und Dielektriken.** — Spinellstruktur soll u. a. auch das Zinktitanat  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$  besitzen [29]. Mischkristalle dieses oder anderer Spinelle wie  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$  oder  $\text{ZnCr}_2\text{O}_4$  mit Magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ergeben brauchbare Halbleiter mit großen negativen Temperaturkoeffizienten, deren Widerstandswerte allein vom Mischungsverhältnis der Komponenten bestimmt werden und ebenso wie ihr Temperaturkoeffizient sehr betriebskonstant sein sollen [28]. Derartige Halbleiter können auch ohne besondere Schutzmaßnahmen in der Luft bis zu einigen  $100$  °C verwendet werden [28]. Ein hoher negativer Temperaturkoeffizient des Widerstandes kommt schon dem Zinktitanat allein zu wie auch den Titanaten anderer zweiwertiger Metalle wie Magnesium, Cadmium, Beryllium [30]. Durch Mischen molarer Mengen von Titandioxyd mit den jeweiligen Metalloxyden und Erhitzen auf  $1300 \dots 1650$  °C erhält man einen gießfähigen Werkstoff für Widerstände von  $50 \dots 10^{14}$   $\Omega$ , die infolge ihres hohen negativen Temperaturkoeffizienten besonders für Widerstandsthermometer [30] und Heißeiter [34] geeignet sind. Oxydation und „thermisches Geräusch“ sollen bei diesen Halbleitern äußerst gering sein [30]. Halbleiter mit großem negativen Temperaturkoeffizienten lassen sich auch durch Sinterung in oxydierender Atmosphäre von Gemischen aus Titandioxyd und/oder Niob- bzw. Vanadinpentoxyd mit Magnesiumoxyd und nachträglichem Hauptbrand in neutraler oder reduzierender Atmosphäre herstellen, wobei die höheren Oxyde des Titans, Niobs und Vanadins in leitende niedere Oxyde [32] mit spezifischen Widerständen von  $10$   $\Omega$  cm und darunter übergehen [31]. Je nach der Dauer des Glühens erhält man dann Heißeiter mit gewünschtem Widerstandswert [34]. Verwandt damit sind Widerstandsmassen aus Aluminiumoxyd und Titandioxyd nebst niedrigen Oxyden desselben [33].

Nach DRP 164 802 wurden früher manchmal für elektrische Heizkörper Massen aus zusammengeschmolzenem Silizium und Titan, also aus Titansilizid verwendet [35].

Um das Schwindmaß von Porzellanisolatoren herabzusetzen, kann man nach A. P. 2 155 835 der Porzellanmasse  $10 \dots 50\%$  vorgeglühtes Titandioxyd zusetzen [36]. Damit sind wir bereits auf dem Gebiet der elektrischen Isolierstoffe angelangt, auf welchem schon seit etwa 2 Jahrzehnten das Titan in Form des Dioxydes (Rutil) und neuerdings auch gewisser Titanate (Metatitanate) zweiwertiger Metalle vorzugsweise der Erdalkalien eine noch ständig wachsende Bedeutung erlangt hat. Der Grund hierfür liegt vor allem in den sehr hohen DK-Werten, den diese Verbindungen besitzen [26, 27] und die sie infolgedessen zu idealen Kondensatordielektriken prädestinieren. Sie werden manchmal als Preßmassen mit organischen Bindemitteln [37], vor allem aber als keramische Massen (sog. „high dielectric ceramics“) verwendet.

Während die reinen  $\text{TiO}_2$ -Keramiken (Kondensatorkeramik u. a.) bei Zimmertemperatur nahezu frequenzkonstante  $\epsilon$ -Werte bis zu rd. 100 aufweisen, reicht die DK. bei den  $\text{CaTiO}_3$ -Keramiken bis zu rd. 170, bei den  $\text{SrTiO}_3$ -Keramiken sogar über 200 und bei den  $\text{BaTiO}_3$ -Keramiken schließlich weit über 1000. Ein Zusatz bis zu 10% Calciumfluorid  $\text{CaF}_2$  oder Magnesiumfluorid  $\text{MgF}_2$ , das strukturell

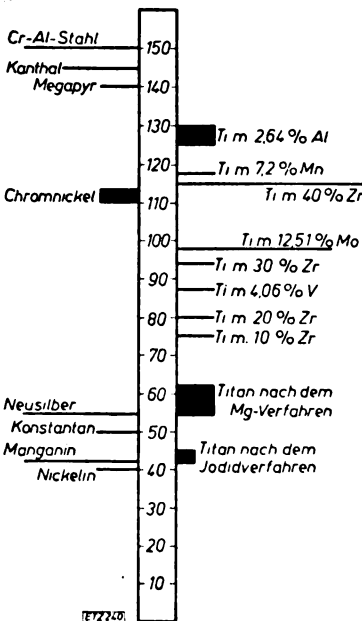


Bild 2. Spezifischer Widerstand in ( $\mu\Omega$  cm) verschiedener Titanlegierungen und bekannter Widerstandswerkstoffe.

<sup>5</sup> 1 kg reines Titan kostet z. Zt. in USA 11 Dollar [16].

<sup>6</sup> Spinelle sind Doppelverbindungen von Oxyden eines zwei- und eines dreiwertigen Metalles in stöchiometrischem Verhältnis. Das den Namen gebende Mineral „Spinell“ ist  $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ . Sämtliche Spinelle kristallisieren kubisch, vorwiegend in Oktaedern [3].

<sup>7</sup> Es handelt sich um ein Orthotitanat im Gegensatz zum  $\text{ZnTiO}_3$ , das ebenfalls als Zinktitanat bezeichnet wird und ein Metatitanat darstellt [10].



ebenfalls zum Rutiltyp gehört und daher auch eine hohe DK. besitzt [63], zum Bariumtitanat soll dessen Sprödigkeit herabsetzen und die DK. noch wesentlich erhöhen [38]. Vielfach werden auch Mischkeramiken aller drei Erdalkalititanate [40], wie auch dieser und der Titanate des Cadmium, Beryllium, Zink oder Blei mit Titandioxyd [39] zwecks Erzielung bestimmter dielektrischer Eigenschaften angewendet, ebenso wie Gemische von Erdalkalititanaten mit geringen Mengen (~ 10 ... 20%) an Erdalkalitanaten [41].

Die dielektrischen Verluste aller dieser Titanat-Keramiken sind ganz allgemein mehr oder weniger gering. Im unteren Teil des Frequenzspektrums können sie namentlich bei höheren Temperaturen auch beträchtlich ansteigen. Es handelt sich dann um ausgesprochene Leitfähigkeitsverluste infolge ionaler Verunreinigungen. Neben akzessorischen Fremdstoffen der verwendeten Rohstoffe (allochthone Verunreinigungen) können bei reduzierenden oder auch sogar manchmal bei neutralen Brandbedingungen leitende niedrigere Titanoxyde gebildet werden [32], wie sie bei der Herstellung von Heißeleitern gerade erwünscht sind und absichtlich herbeigeführt werden. Hier wirken sie als autochthone Verunreinigungen [27], die durch oxydierende Atmosphären während des Brandes vermieden werden können [26, 27].

Nur das Bariumtitanat hat grundsätzlich ein höheres Verlustniveau, das aber zweifellos mit den seignetteelektrischen Erscheinungen zusammenhängt, die dieses Material unterhalb seines Curiepunktes<sup>8</sup> bei etwa 120 °C zeigt [27]. Die damit zusammenhängenden dielektrischen Anomalien und Hysteresiserscheinungen in Verbindung mit den hohen Verlusten und einer relativ niedrigen Durchschlagsspannung [42] machen es trotz seiner besonders hohen DK. für sich allein als Kondensatordielektrikum weniger geeignet, weshalb es für diese Zwecke meist nur in Mischung mit anderen Titanaten, Stannaten usw. angewendet wird. Ganz besonders scheint sich hierfür das Strontiumtitanat zu eignen. Die Curietemperatur sinkt mit wachsendem Anteil an SrTiO<sub>3</sub> ganz erheblich ab, so daß bei einem Mischungsverhältnis von rd. 1:1 der Curiepunkt unterhalb 0 °C zu liegen kommt; der Stoff befindet sich dann bei normalen Raumverhältnissen bereits jenseits des anomalen, seignetteelektrischen Gebietes. Solche Mischkeramiken eignen sich daher ganz besonders auch als Kondensatordielektrika für sehr kurze Wellen [45].

Aber auch ein Überschuß von TiO<sub>2</sub> oder BaO verschiebt das DK.-Maximum (Curietemperatur) in Richtung höherer (TiO<sub>2</sub>) oder tieferer (BaO) Temperaturen, senkt das Maximum jedoch zugleich [46, 48]. Bei einem Komponentenverhältnis BaO : TiO<sub>2</sub> = 1:4 soll schließlich eine neue Verbindung, das Bariumtetratitanat mit kristalliner Eigenstruktur und völlig oder nahezu temperaturkonstanten ε-Werten von rd. 30 ... 50 entstehen, die in UdSSR als neues Kondensatordielektrikum aufkommt [46].

**7. Piezoelektrisches Bariumtitanat.** — Auf jeden Fall haben sich die bisher technisch hergestellten BaTiO<sub>3</sub>-Keramiken wie auch die verschiedentlich aus ternären Schmelzen von Titandioxyd, Barium- und Alkalikarbonat<sup>9</sup> gezüchteten Bariumtitanat-Einzelkristalle stets als ausgesprochene und starke Seignette- und Piezoelektriken erwiesen. Gegenüber dem Quarz u. a. natürlichen Piezoelektriken handelt es sich jedoch beim Bariumtitanat um einen

<sup>8</sup> Im Gegensatz zu Seignettesalz ist hier kein unterer Curiepunkt vorhanden, obgleich sich außer bei 120 °C auch noch bei 50 °C sowohl in der ε-Kurve wie in der spezifischen Wärme [64] Anomalien bemerkbar machen. Es ähnelt daher eher den Alkalidihydrophosphat-Seignette-Elektriken. Es als eine vollkommen neue Gruppe von Seignette-Elektriken anzusprechen, wie es Verf. a. a. O. [27] tat, ist, nachdem auch in der spezifischen Wärme Anomalien gefunden sind [64], wohl nicht mehr begründet. Die sich auch in der thermischen Ausdehnungscharakteristik auswirkenden Anomalien beim Curiepunkt werden Gitterumwandlungen zugeschrieben [27, 43]. Diese sollen nach Wul und Goldmann [47] stark vom Reinheitsgrad abhängen. Sehr reines BaTiO<sub>3</sub> soll nicht mehr seignetteelektrisch sein und kleine ε-Werte von 50 ... 60 haben, sondern nur technisch reines BaTiO<sub>3</sub>. Der Schwellenwert scheint aber sehr niedrig (< 1%) und unspezifisch zu sein; er wird in der Praxis anscheinend immer überschritten.

<sup>9</sup> Auch aus anderen ternären Schmelzen z. B. BaCO<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> ± BaCl<sub>2</sub> oder BaO + TiO<sub>2</sub> ± (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ± Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) werden Kristalle, jedoch von ganz verschiedenem Habitus, z. B. tetragonale oder hexagonale gewonnen [49].

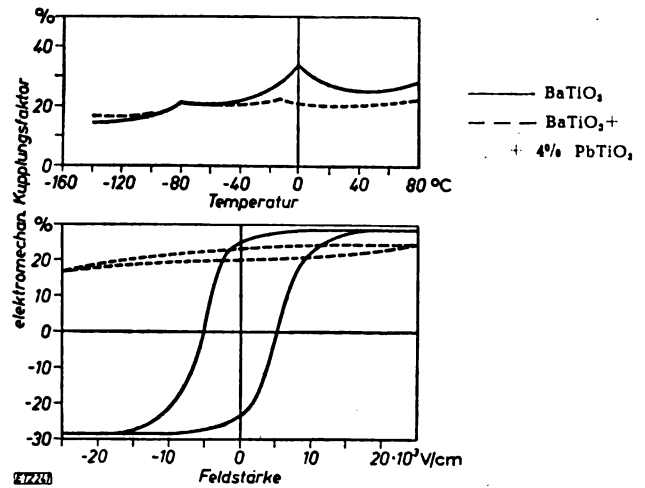


Bild 3. Elektromechanische Kopplung<sup>10</sup> abhängig von Feldstärke und Temperatur bei piezoelektrischem Bariumtitanat.

piezoelektrischen Induktionseffekt, der nach Belieben durch ein starkes Polarisationspotential erregt und wieder rückgängig gemacht werden kann [44]. Bariumtitanat wird daher in USA bereits viel für Tonabnehmer und Mikrophone verwendet [44]. Für Lautsprecher u. a. piezoelektrische Hochleistungswandler ist es mit Rücksicht auf die starke Eigenerwärmung beim Anlegen einer höheren Spannung, wobei die Gefahr einer Curiepunkts-Überschreitung und damit einer Beseitigung des Piezoeffektes besteht, nicht geeignet [44]. Wesentlich günstiger verhält sich für diese Zwecke Bariumtitanat mit 3 ... 4% Bleititanat. Während bei reinem BaTiO<sub>3</sub> analog zu magnetisch weichem Material die Polarisierung mit der Zeit beträchtlich abfällt, wird durch den Bleititanatzusatz eine hohe remanente Polarisierung und ziemlich konstanter (s. Bild 3) elektromechanischer Kopplungsfaktor<sup>10</sup> erzielt, der durch entgegengesetzte Felder nicht nennenswert verändert wird. Mit derartigen remanent polarisierten Barium-Bleititanat-Mischkeramiken ist es daher auch möglich, stärkere Leistungen bis zu 100 W/cm<sup>2</sup> laufend akustisch abzustrahlen [50].

Ganz besonders eignen sich aber die BaTiO<sub>3</sub>-Keramiken für Ultraschallübertrager, weil bei ihnen jede beliebige Formgebung möglich ist. Der keramische Werkstoff ist bekanntlich polykristallin und isotrop, weil die Verteilung der einzelnen Kriställchen in der Orientierung ihrer optischen Achsen willkürlich ist. Nach piezoelektrischer Induktion sind daher diese Stoffe über ihre ganze Fläche voll wirksam, in welcher Form sie auch immer vorliegen mögen, während bei den üblichen piezoelektrischen Einkristallen mit maximaler Wirksamkeit entlang einer bestimmten Achse, z. B. bei einem parabolischen Strahler stets nur ein kleiner Teil wirklich wirksam ist [50].

**8. Sonstige Titan-Anwendung in der Elektrotechnik.** — Wenn nach alledem auf dem Gebiete der Halbleiter, Dielektrika und Piezoelektrika zweifellos der Schwerpunkt der elektrotechnischen Bedeutung des Titans als Werkstoff liegt, so hat es dennoch auch hier und dort noch Eingang als Hilfswerkstoff in der elektrotechnischen Praxis gefunden. Wegen seines hohen Gasbindungsvermögens wird es neben Zirkon, Tantal oder Thorium als Fangstoff für Entladungsgefäße [54] verwendet, wobei es bei diesen gleich als Überzug auf die Kohle- oder Graphit-elektroden aufgetragen werden kann [66]. Als hochemissionsfähige Kathoden verwendet man Ni-Be-Legierungen mit 0,1 ... 2% Ti-Zusatz zur Sauerstoffbindung [67]. Auch als Zündelektrode für Quecksilberdampf-Gleichrichter ist es vorgeschlagen worden [55]. In Sende- und Verstärkerrohren werden Titanate als Glühkathoden [52, 68] und Getterstoff [51] gebraucht. Die Fa. Philips hat sich eine titanhaltige Leuchtmasse für Leuchtschirme von Fernsehempfängern u. a. schützen lassen [53], auch verwendet sie Titan und Titan-

<sup>10</sup> Als Kopplungsfaktor wird der in mechanische Form umgewandelte prozentuale Anteil der jeweils angelegten elektrischen Energie bezeichnet [50].

karbid als Halterungsösen für Glühlampen [56]. Als Metall mit „Ventilwirkung“ kann es auch für die Anoden in Elektrolytkondensatoren [69] verwendet werden.

### Schrifttum

- [1] C. Hintze: Handbuch der Mineralogie. Veit u. Co., Leipzig 1889/1939.
- [2] P. Ramdohr: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Akademie-Verl. 1950.
- [3] B. Göbner: Lehrbuch der Mineralogie, Leipzig 1924.
- [4] L. Rüger: Die Bodenschätze Großdeutschlands sowie Polens und der Slowakei. Beck, München 1939.
- [5] G. Berg: Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe. Akad. Verlagsges., Leipzig 1929.
- [6] C. Doelter: Handbuch der Mineralchemie. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1918.
- [7] B. Dammer u. O. Tietze: Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen. Enke, Stuttgart 1927.
- [8] A. Stieler: Neuere Ergebnisse der elektrostatischen Aufbereitung. Metall u. Erz 38 (1941) S. 457.
- [9] W. J. Vernadsky: Geochemie. Akad. Verlagsges., Leipzig 1930.
- [10] Smiths-D'Ans: Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie. G. Braun, Karlsruhe 1948.
- [11] H. C. Kaweck: Behandlung von Erzen, die Zirkonium und Titan enthalten. Amerik. Pat. 2418073 (1944/1947) u. Amerik. Pat. 2418074 (1944/1947).
- [12] Th. P. Campbell: Verhüttung titanhaltiger Eisenerze unter Gewinnung von Titan und Vanadin. Amerik. Pat. 2417101 (1942/1947).
- [13] F. B. Litton u. B. W. Gonser: Composition, structure and properties of jodite titanium. Met. Progr. 55 (1949) S. 346.
- [14] C. J. Bradford, J. P. Catlin u. E. L. Wemple: Properties of wrought commercially pure titanium prepared by arc melting and casting. Met. Progr. 55 (1949) S. 348.
- [15] E. J. Larsen, E. F. Swarzy, L. S. Busch u. R. H. Freyer: Properties of binary sintered and rolled titanium alloys. Met. Progr. 55 (1949) S. 359.
- [16] Properties of titanium and titanium alloys. Met. Progr. 55 (1949) S. 345—404 (Bericht in ETZ 71 (1950) S. 381).
- [17] H. Stande: Physikalisch-chemisches Taschenbuch I. Akad. Verlagsges., Leipzig 1945.
- [18] P. H. Brace u. W. J. Hurford: High temperature properties of titanium alloy castings. Met. Progr. 55 (1949) S. 362.
- [19] D. J. McPherson u. M. G. Fontana: Properties of melted and forged titanium-chromium alloys. Met. Progr. 55 (1949) S. 366.
- [20] W. A. Wooster u. G. L. Macdonald: Schmierschichten von Titanmetall. Nature 160 (1947) S. 260. (Ref.: Chem. Zentrbl. 1948 II. S. 15.).
- [21] D'Ans-Lax: Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Springer, Berlin 1943.
- [22] Gmelin: Handbuch der anorganischen Chemie. Bd. 59. Verlag Chemie, Berlin 1936.
- [23] H. E. Finke: Neuzeitliche Werkstoffe für Dauermagnete. Mat. and Methods 25 (1947) S. 72.
- [24] E. Röttig: Neue Substanzen mit Spinellstruktur. Z. angew. Chem. 62 (1950) S. 87.
- [25] A. Weis: HF-Magnetkerne aus Ferriten. Funk u. Ton (1948) S. 564.
- [26] A. von Hippel, R. G. Breckenridge, F. G. Chesley u. Sazeslo Tisca: High dielectric constant ceramics. Ind. Eng. Chem. 38 (1948) S. 1097.
- [27] W. M. H. Schulze: Erdalkalitanate als Dielektrika und eine neue Gruppe von Seignette-Elektrika. Elektrotechn. 3 (1949) S. 365 (Bericht in ETZ 71 (1950) S. 501).
- [28] K. Hoeselitz: Neuzeitliche magnetisch harte Werkstoffe. Met. Treatm. 13 (1946) S. 213.
- [29] E. J. W. Verwey, P. W. Haayman u. F. C. Romeyn: Halbleiter mit großem negativen Temperaturkoeffizienten. Philips techn. Rdsch. 9 (1947) S. 239.
- [30] Fr. G. Smyth: Material für Widerstandsthermometer. Amer. Pat. 2407750 (1944/1946).
- [31] W. Meyer: Elektrischer Widerstandskörper mit negativem Temperaturkoeffizienten aus isolierenden Oxiden und leitenden niederen Oxiden. D. R. P. 712538 (1934/1941).
- [32] R. Wyss: Beitrag zur Untersuchung der Reduktion des Titanoxids und einiger Titanate. Ann. Chim. 3 (1948) S. 215.
- [33] R. R. Ridgway: Elektrischer Widerstand. Amerik. Pat. 2 252 981 (1939/41).
- [34] B. T. Kolomietz: Halbleiter. Elektrizität (1947) S. 20.
- [35] Ullmann: Enzyklopädie der technischen Chemie.
- [36] Herstellung wenig schwindender Porzellanisolatoren mit vorgeglühtem Titanoxyd. Ceram. Ind. 33 (1939) S. 48.
- [37] M. M. Safford: Dielektrische Masse aus Titandioxyd. Amerik. Pat. 2 424 853 (1947).
- [38] E. Wainer u. A. N. Salomon: Dielektrisches Material. Schwz. Pat. 124615 (1944/49).
- [39] E. Wainer u. N. R. Thielke: Herstellung von dielektrischem Material. Schwz. Pat. 124614 (1940/49).
- [40] E. Wainer: Keramische dielektrische Masse. Amerik. Pat. 2 420 692 (1947).
- [41] E. Wainer: Keramisches dielektrisches Material. Amerik. Pat. 2 402 515, 2 402 516, 2 402 517, 2 402 518 (1943/46).
- [42] L. A. Thomas: Ferroelektrisches keramisches Material. Struktur und Eigenschaften von Bariumtitanat. Times Rev. Ind. (1949) S. 25. (Ref. Chem. Zentrbl. (1950), I S. 842).
- [43] H. Sachse: Über Titanate mit hoher Dielektrizitätskonstante. Z. angew. Phys. 1 (1949) S. 473.
- [44] O. Macek: Neues synthetisches piezoelektrisches Material. Frequenz 3 (1949) S. 84.
- [45] I. G. Powles: Dielectric properties of mixed Barium and Strontium Titanates at 10000 Mc/s. Nature 162 (1948) S. 655.
- [46] G. I. Skanawi: Die dielektrischen Eigenschaften des Bariumtetratitanats und anderer Dielektrika des Systems Ti O<sub>2</sub> — BaO. Ber. Ak. Wiss. UdSSR [NS] 59 (1948) S. 41.
- [47] B. M. Wul u. J. M. Goldmann: Über eine neue Modifikation des Bariumtitanats. Ber. Ak. Wiss. UdSSR [NS] 60 (1948) S. 41.
- [48] W. Jackson u. Reddish: Nature 156 (1943) S. 717.
- [49] H. Blattner, B. Matthias u. W. Merz: Einkristalle von Bariumtitanverbindungen. Helv. phys. Act. 20 (1947) S. 225.
- [50] W. P. Mason: Barium-titanate ceramic as an electromechanical transducer. Bell Lab. Rec. 27 (1949) S. 285.
- [51] E. N. Bobrow: Getterstoff für Elektronenröhren. Amerik. Pat. 2 421 984 (1944/47).
- [52] W. Meyer: Glühkathode für elektrische Entladungsgefäße. DRP. 721 937 (1936/42).
- [53] F. A. Kröger u. J. Bors: Luchtschicht — Holl. Pat. 62 462 (1949).
- [54] Nicht verdampfer Fangstoff für Entladungsgefäße. Franz. Pat. 878 317 (1942).
- [55] D. D. Knowles: Zündelektrode für Hg-Dampfentladungsgefäße. Amerik. Pat. 2 229 093 (1939/41).
- [56] Elektrische Glühlampe. Ital. Pat. 369 494 (1938).
- [57] Neues Gewinnungsverfahren für Titan. J. Franklin Inst. 245 (1948) S. 330.
- [58] E. Mills: Einige metallurgische Probleme der Werkstoffe und deren Instandhaltung in der Fernmeldeindustrie. Sheet Met. Ind. 25 (1948) S. 1369.
- [59] W. J. Neimark, J. B. Piletskaja u. R. J. Entin: Der Einfluß von Titan und gleichzeitigen Zusätzen an Bor, Vanadin und Titan auf die Kristallisation des Stahles. Stahl 8 (1948) S. 248.
- [60] A. D. Assonow: Hochfeste Baustähle. Nachr. Maschinenbau 28 (1948) S. 33.
- [61] E. J. Boyle: Zink-Titan-Cadmium-Legierungen. Amerik. Pat. 2 448 169 (1944/48).
- [62] E. J. Chapin u. C. R. Hayward: Copper-Titanium alloy coatings on mild steel. Trans. Amer. Soc. Met 38 (1947) S. 909.
- [63] G. J. Skanawi: Über die hohe dielektrische Permeabilität einiger Kristalle. J. exp. theor. Phys. 17 (1947) S. 399. Ref.: Chem. Zentrbl. (1948) II S. 1262.
- [64] H. Blattner u. W. Merz: Die Anomalien der spezifischen Wärme von Bariumtitanat. Helv. phys. Act. 21 (1948) S. 210.
- [65] H. H. Uhlig: The corrosion handbook. John Wiley and Sons, London and New York 1948.
- [66] P. Kniepen: Kohle oder Graphitelektrode für elektrische Entladungsgefäße mit einem Überzug aus einem hochschmelzenden, bei höherer Temperatur auf chemischem Wege gasbindenden Metall; auf wenigstens der der Elektrodenfläche zugewandten Fläche. DRP. 739 251 (1936/43).
- [67] Entladungsgefäß mit hochemissionsfähiger Kathode. Franz. Pat. 880 031 (1942/43).
- [68] P. D. Williams: Glühkathode für Elektronenröhren. Amerik. Pat. 2 438 732 (1947/48).
- [69] W. Herrmann u. P. Werner: Elektrolytkondensator. Schwz. Pat. 124 846 (1943/49).
- [70] Nickellegierungen für Federn. Met. Ind. 75 (1949) S. 451.

DK 621.395.44 : 621.396.44

## Gleichzeitige Modelung einer Trägerwelle in Amplitude und Frequenz

In der Arbeit<sup>1</sup> werden Versuche beschrieben, die F. Kirschstein 1939 an der T. H. Berlin auf Anregung von W. Stäblein angestellt hat. Eine Trägerwelle von 200 kHz wurde durch Sprache in der Amplitude und durch ein oder mehrere Telegramme gleichzeitig in der Frequenz gemodelt, ohne daß gegenseitige Störungen der verschiedenen Nachrichten auftraten. Im einfachsten Fall wurde der in der Amplitude modulierte Träger durch ein Telegramm in der Frequenz um einige hundert Hz gehoben oder gesenkt und zum Empfang ein Volksempfänger benutzt, der entweder normal

arbeitete oder einen Rückkopplungs-Pfeifton veränderlicher Höhe erzeugte. Um 4 Telegramme gleichzeitig zu übertragen, wurde der Träger durch eine entsprechende Anzahl von Frequenzen (zwischen 120 Hz und 840 Hz) mit einem Hub von je 50 Hz gemodelt und mit Hilfe der steilen Flanke eines Tiefpasses entmodelt, der eine Grenzfrequenz von etwa 1700 Hz hatte und von dem Volksempfänger mit einem Überlagerungston entsprechender Höhe gespeist wurde. Die Versuche verliefen so erfolgreich, daß ernstlich versucht wurde durch die Frequenzmodulation einen 2. Sprechkanal zu schaffen. Jedoch mußte dieser Versuch bei Kriegsbeginn abgebrochen werden, bevor ein endgültiges Ergebnis vorlag. — Abschließend wird auf verschiedene denkbare Anwendungsmöglichkeiten der Doppelmodelung einer Trägerwelle hingewiesen, insbesondere auf diejenige, bei der ein Fernsender durch das Bild in der Amplitude und durch den Begleitton in der Frequenz gemodelt wird. Ki

<sup>1</sup> Nach F. Kirschstein: Funk u. Ton 4 (1950) S. 282; 11 S., 7 B.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.16.012.3

Ermittlung von Fehlbedarfs- und Überschußenergien. [Nach H. Stephenson: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) S. 161; 6 S., 4 B.]

Die dreidimensionale Darstellung des Belastungsverlaufs des ganzen Jahres (Belastungsgebirge) ist für eine genaue zahlenmäßige Auswertung zur energiewirtschaftlichen Untersuchung wenig geeignet. Der Verfasser entwickelt eine zweidimensionale Darstellung<sup>1</sup>, die sowohl arbeits- als

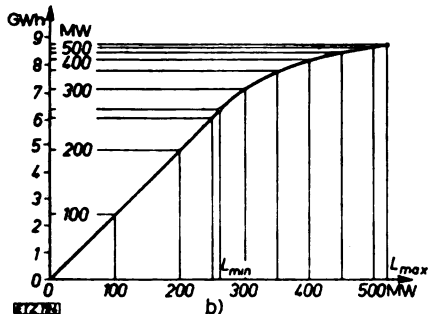
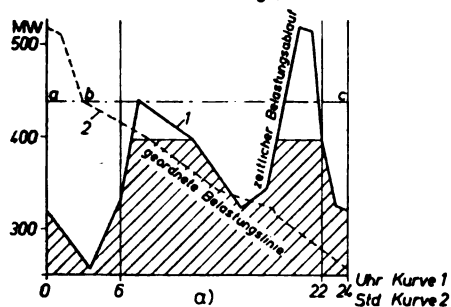
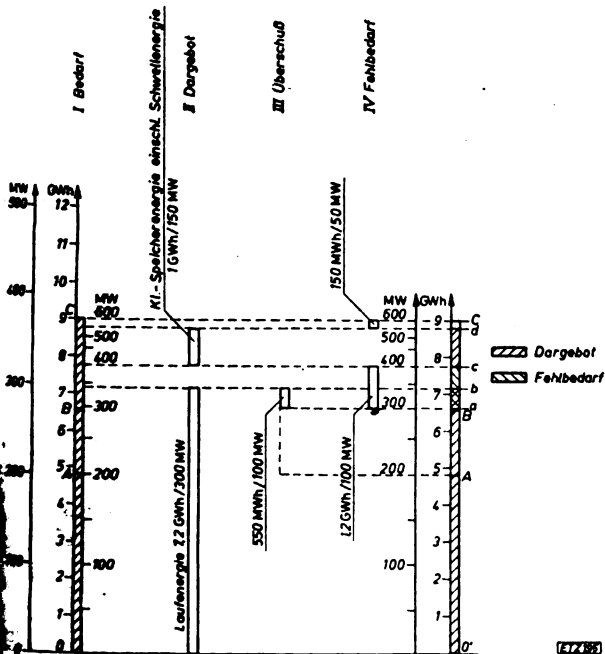


Bild 1a. Zeitlicher und geordneter Ablauf einer Tagesbelastung.  
Bild 1b. Leistungs-Arbeitscharakteristik einer Tagesbelastung.



- 0 b Laufwerksenergie
- 0 c Bedarf
- c d Kleinspeicherenergie
- a b arbeitsmäßiger Überschuß
- a a leistungsmäßiger Überschuß
- a c Fehlbedarf
- d c

Bild 2. Ermittlung der Fehlbedarfs- und Überschußenergien für einen bestimmten Tag.

<sup>1</sup> Nach einer Fußnote des Verfassers haben Nietsch u. Netzker: EW-Nachr. (1934) S. 189, einen ähnlichen Vorschlag gemacht.

auch leistungsmäßig bei gegebenem Bedarf und Dargebot die Fehlbedarfs- und Überschußenergien direkt ablesen läßt.

Ausgangspunkt bildet das Tagesbelastungsdiagramm (Bild 1a). Stellt man den Energieinhalt als Funktion der Leistung so dar, daß als Ordinate der Energieinhalt, als Abszisse die entsprechende Leistung erscheint und überträgt gleichzeitig den Leistungsmaßstab auf die Ordinate, so erscheinen in der Ordinate 2 Maßstäbe, ein Leistungs- und ein Arbeitsmaßstab (Bild 1b). Um die Fehlbedarfs- und Überschußenergien für einen bestimmten Tag zu ermitteln, trägt man die Höchstleistung C, die Mindestleistung A (für die Zeit 0 ... 24 h) und die Mindestleistung B (für die Zeit 6 ... 22 h) ein. Der den einzelnen Leistungen entsprechende Energieinhalt kann an der Ordinate abgelesen werden. Die zur Deckung des Leistungs- und Arbeitsbedarfes zur Verfügung stehenden Energien werden nunmehr in das Diagramm eingebaut, so daß die Fehl- bzw. Überschußbeträge ermittelt werden können (Bild 2). Reiht man die gleichartigen Tage (Montag ... Freitag) für das ganze Jahr aneinander, so erhält man den arbeitsmäßigen Ablauf des Bedarfes mit Leistungsschichtlinien und kann für jeden beliebigen Tag den Arbeitsinhalt bis zu jeder beliebigen Leistung, den Fehlbedarf und den Überschuß arbeits- und leistungsmäßig ablesen und ist nunmehr imstande, beispielsweise die zur Verfügung stehenden Kraftwerke zweckmäßig einzusetzen.

Mg

## Meß- u. Regeltechnik

DK 621.316.74 : 621.314.652

Ein kontinuierlicher Temperaturregler mit Thyatron. [Nach R. Aumont: Rev. gén. Electr. 34 (1950) S. 175; 4 S.]

Nach der Besprechung einiger älterer Anordnungen geht der Verfasser auf seine neue Schaltung ein. Sie regelt den Heizstrom eines Ofens o. ä. durch die Phasendrehung der Gitterspannung an einem Thyatron und verwendet zunächst eine Phasenbrücke  $B_1$ , die eine um rd.  $90^\circ$  gegen die Anodenspannung des Thyatrons verschobene Spannung erzeugt. Diese Spannung wird in zwei um  $90^\circ$  gegeneinander verschobene Komponenten  $D_1$  und  $D_2$  zerlegt, von denen die eine durch die Meßgröße in der Amplitude beeinflusst wird, wozu wiederum eine Brücke dient. Diese Brücke  $B_2$  enthält das regelnde Widerstandsthermometer  $W$  aus Pt oder Ni. Da die Brücke einen beträchtlichen Spannungsverlust bedeutet, sind zwei Verstärker nötig. Die modifizierte Spannung  $D_1$  und die um  $90^\circ$  gegen sie verschobene Spannung  $D_2$  werden in einer Heptode gemischt. Die aus der Heptode austretende Spannung hat eine Phasenlage, die je nach der

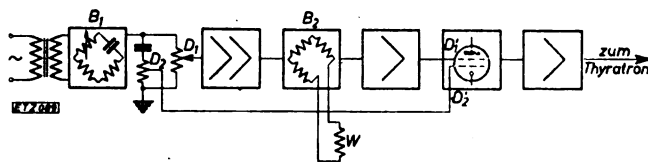


Bild 3. Blockschaltbild der Reglerschaltung (Legende im Text).

Amplitude von  $D_1$  bzw.  $D_2$  zwischen  $0$  und  $\pi/2$  bzw.  $\pi/2$  und  $\pi$  liegt. Wenn also die Temperatur des Ofens richtig ist, hat die Gitterspannung am Thyatron die an der Brücke  $B_1$  eingestellte Phase gegenüber der Anodenspannung, also etwa  $90^\circ$ . Der Thyatronstrom ist in diesem Falle  $I_{max}/\pi$ , worin  $I_{max}$  der Strom ist, der bei der Phasenverschiebung  $0$  fließen würde.

Bild 3 zeigt ein Blockschaltbild der neuen Reglerschaltung. Sie regelte bei  $-160^\circ\text{C}$  auf  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  während 3 h, bei  $20^\circ\text{C}$  auf  $\pm 0,02^\circ\text{C}$  und bei  $800^\circ\text{C}$  auf  $\pm 0,3^\circ$  während 4 h. Die bekannte Instabilität der Quecksilberthyatrons, die durch die Schwankungen des Hg-Dampfdruckes hervorgerufen wird, kann man nach Angabe des Verfassers durch genügend hohe Gitterspannungen vermeiden.

Eu

DK 621.317.785.001.42

**Neue Einrichtung zur Prüfung von Wattstundenzählern.** [Nach H. F. Robison u. W. H. Wickham: Electr. Engng. 69 (1950) S. 514; 1 S., 1 B.]

Die Verfasser berichten über eine tragbare Einrichtung, die besonders für die Prüfung der Zähler am Einbauort geeignet ist. Bei dem Verfahren wird die Geschwindigkeit der Läuferscheibe des Prüflings mit der eines Normalzählers auf photoelektrischem Wege verglichen. Das Vergleichsbild erscheint auf dem Schirm einer Kathodenstrahlröhre. Beide Zähler werden mit einer Zusatzrichtung versehen, die aus Lichtquelle, Linsen- und Spiegelsystem und Photozelle besteht; am Normalzähler ist diese Einrichtung fest montiert. Die Läuferscheiben der Zähler haben am Rand Zähne, die den Lichtstrahl vor der Photozelle unterbrechen. Der Strom der Photozelle des Normalzählers lenkt den Lichtpunkt auf dem Schirm der Röhre horizontal ab, der Strom der Zelle des Prüflings vertikal. Bei gleicher Geschwindigkeit beider Läufer entsteht durch die Stromimpulse ein stehendes Bild auf dem Schirm, andernfalls wandert das Bild und man erkennt an der Bewegungsrichtung, ob der Prüfling zu schnell oder zu langsam läuft. Man kann nun entweder den Prüfling auf Gleichlauf mit dem Normalzähler einstellen oder man kann seinen Fehler bestimmen, indem man den Normalzähler auf Gleichlauf mit dem Prüfling einstellt. Dazu wird die Spannung und damit die Drehzahl des Normalzählers mit einem angezapften Transformator und einem Feinregler verändert; der Fehler des Prüflings kann an den Regelteilen des Normalzählers abgelesen werden. Das Verfahren läßt ungleichmäßige Bewegungen der Scheibe, wie sie durch schadhafte Lager oder Zählwerke oder durch Fremdkörper verursacht werden, sofort erkennen. Die Genauigkeit beträgt etwa 0,1%. Die Wirkungsweise des Zusatzgerätes geht im einzelnen aus der Arbeit nicht hervor, es wird auf die Beschreibung im AIEE-Paper 50-116 verwiesen.

Die Verfasser bemerken, daß man so bedeutend schneller prüfen kann als nach dem üblichen Verfahren mit Drehzahl- und Zeitmessung. Auf diese Weise wird aber heute niemand einen Zähler am Einbauort prüfen, sondern man verwendet einen Eichzähler, der immerhin den Vorteil hat, daß am Prüfling kein Zusatzgerät angebracht werden muß. Das neue Verfahren hat außerdem nur für amerikanische Zähler Bedeutung, die gezahnte Scheiben haben, während fast alle Zähler anderen Ursprunges, wenn sie für stroboskopische Eichung eingerichtet sind, nur Strichmarken am Rand der Läuferscheibe haben. Die Anbringung des Zusatzgerätes in richtiger Lage zum Prüfling dürfte auch mit einigem Zeitverlust verbunden sein, da die Zahnung der Scheiben außerordentlich fein ist.

tz

## Lichttechnik

DK 621.327.312

**Neue Bauarten von Quarzlampen.** [W. Thouret: Licht-Techn. 2 (1950) S. 73 u. 110; 11 S., 16 B.]

Neue Formen von Hochdruck-Entladungslampen, die vorwiegend die Verwendung von Quarzglas Kolben voraussetzen, sind die von Rompe und Thouret [1] angegebenen kugelförmigen Quecksilber-Höchstdrucklampen, die Edelgas-Hochdrucklampen nach Schulz [2] sowie die in USA und England während des Krieges für photographische Zwecke entwickelten Blitzlicht-Entladungslampen mit Xenonfüllung [3]. Die Kugel-Höchstdrucklampen („short arc lamps“ oder „compact source lamps“) weichen von den traditionellen röhrenförmigen Lampen insofern ab, als sie sehr konzentrierte, nur wenige Millimeter lange, von den Elektroden her stabilisierte Lichtbögen aufweisen, die in einem verhältnismäßig großen kugelförmigen Kolben brennen. Da die Bogensäule den Kolben temperaturmäßig nicht unmittelbar beansprucht, können ohne künstliche Kühlung sehr hohe spezifische Leistungen im Lichtbogen umgesetzt werden (bis über 10 kW/cm oder 2000 kW/cm<sup>3</sup>), die sonst nur bei offenen Kohlebogenlampen denkbar sind. Diese hohen spezifischen Bogenleistungen liefern sehr große Leuchtdichten, wie sie Projektions- und Scheinwerfer-Geräte erfordern. Außerdem erhöht sich die Lichtausbeute gegenüber den normalen Quecksilber-Hochdrucklampen und die Lichtfarbe wird verbessert durch Auftreten eines starken kontinuierlichen Spektrums zusätzlich zum Linienpektrum.

Die Kugel-Höchstdrucklampen mit Quecksilberfüllung wurden in Deutschland bei der Osram-Studiengesellschaft bis 1945 in einer Typenreihe von 60 W bis zu 2 kW mit Leuchtdichten zwischen 25 000 und 45 000 Stlb/ent-

wickelt. Versuchslampen hatten bis zu 15 kW Leistungsaufnahme mit mittleren Leuchtdichten bis 100 000 Stlb. Bild 4 zeigt eine 5 kW-Bauart. Für besondere Anforderungen entstand eine Type von 100 W mit sehr hoher Leuchtdichte (100 000 Stlb) und extrem kleinem Leuchtfeld (0,3×0,3 mm), die beispielsweise in einem neuartigen, registrierenden Meßinstrument, dem Lichtpunktlinienschreiber nach Stabe (Hartmann & Braun) verwendet wird.

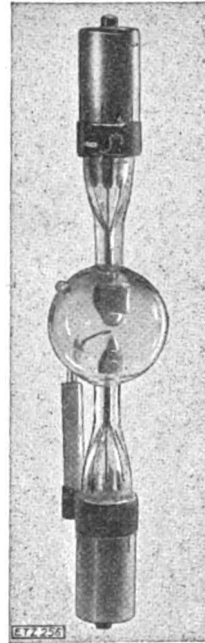


Bild 4. Kugelförmige Quecksilber-Höchstdrucklampe 5 kW für Gleichstrom. (Spg. 60 ... 70 V, Strom 75 ... 85 A, Bogenlänge 8 mm, Lichtausbeute 40 lm/W, Kolbenaußendmr. 80 mm.)

In England entstanden bei 3 verschiedenen Herstellern ähnliche Bauarten im Leistungsbereich 0,1 ... 10 kW, die im allgemeinen gegenüber den deutschen Bauarten durch niedrigere Leuchtdichten, jedoch höhere Lebensdauern gekennzeichnet sind. Wegen der ungewöhnlichen technologischen Beanspruchung der Bauelemente erfordern die Kugel-Höchstdrucklampen neue Konstruktionsformen von Elektroden und Quarzglas-Stromdurchführungen. Besonders beachtlich ist die „Scheiben-Einschmelzung“ für sehr hohe Stromstärken von einigen 100 A. Ähnlich den „Bipost“-Durchführungen der Glühlampen sind bei dieser Einschmelzung stromführender und abdichtender Metallteil voneinander verschieden.

Die Edelgas-Hochdrucklampen sind den kugelförmigen Lampen mit Quecksilberfüllung in der Bauweise ähnlich und beruhen auf der neueren Feststellung, daß die schweren Edelgase Krypton und Xenon bei hohen spezifischen Bogenleistungen von 500 ... 2000 W/cm und Drucken von 20 ... 30 at ein nahezu rein kontinuierliches Spektrum ausstrahlen. Die spektrale Energieverteilung dieses Kontinuums ist mit sehr großer Annäherung die eines schwarzen Körpers von 5200°, stimmt also für alle praktischen Zwecke mit der Sonne überein. Die Lampen haben deswegen eine reine weiße Lichtfarbe, das kontinuierliche Spektrum erstreckt sich auch über das ganze UV bis zur Grenze der Quarzabsorption. Die erreichbaren Leuchtdichten sind zwar niedriger als bei Quecksilberlampen, erreichen aber immerhin noch Werte von 10 000 bis 30 000 Stlb bei 200 ... 900 W Leistungsaufnahme.

Das Anwendungsgebiet liegt im Bereich der optischen Geräte, insbesondere der Filmprojektion, bei der es auf beste Farbwiedergabe ankommt. In England sind von Aldington [4] auch röhrenförmige Hochdrucklampen mit Xenonfüllung und Wasserkühlung entwickelt worden, die bei einer Leistungsaufnahme von 5 kW, einem Betriebsdruck von 5 at und einer Leuchtdichte von 20 000 Stlb in erster Linie für Filmaufnahmebeleuchtung bestimmt sind.

Die Blitzlicht-Entladungslampen für photographische Zwecke sind im allgemeinen mit Xenonfüllung versehen und werden mit Kondensatorladungen betrieben. Sie werden für Einzelblitzenergien von 0,03 bis zu 30 000 Joule bei höchstzulässigen Blitzfolgen von 500/s bis zu 15/min hergestellt [3]. Eine im Oberspreewerk Berlin entwickelte Sonderausführung kann 12 Blitze/min mit Hilfe einer auf 5500 V aufgeladenen Kondensatorbatterie von 2000 µF abgeben. Die wirksame Blitzdauer beträgt dabei etwa 3 · 10<sup>-3</sup> s und die je Blitz erzeugte Lichtmenge 15 · 10<sup>8</sup> lm s. Solche Lampen sehr großer Impulsenergie können z. B. für nächtliche Momentaufnahmen vom Flugzeug aus benutzt werden.

### Schrifttum

- [1] Rompe u. Thouret: Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 374; 19 (1938) S. 352; Licht 14 (1944) S. 73 u. 102.
- [2] P. Schulz: Reichsberichte f. Physik 1 (1944) S. 147; Ann. Phys. 1 (1947) S. 95; Z. Naturforsch. 2a (1947) S. 583.
- [3] W. Arndt: ETZ 71 (1950) S. 586.
- [4] Aldington: Transact. Illum. Eng. Soc. 14 (1949) S. 19.

Sb

## Elektrowärme

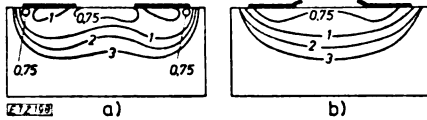
DK 621.365.92 : 624.131.436.5

**Auftauen gefrorenen Bodens mit Hochfrequenz.** [Nach P.-G. Zehnel: Funk u. Ton 4 (1950) S. 311; 4 S., 3 B.]

Nachdem K. Fränz in der Elektrotechn., Bln., 2 (1948) S. 281 bereits auf die Möglichkeit hingewiesen hatte, gefro-

renen Boden mit Hochfrequenz aufzutauen, bringt G.-P. Zehnel Einzelangaben zu dieser Aufgabe. Ihre Lösung hat z. B. Bedeutung für die Beseitigung von Kabelschäden im gefrorenen Boden. Für das Auftauen benutzt man eine Elektrodenanordnung entsprechend Bild 5, wie sie ähnlich auch bei der Verleimung von Fournieren oder der Behandlung dünner Schichten verwandt wird. Die Gestaltung der Elektroden im Bild 5b entspricht der in der Hochspannungstechnik üblichen Ausgestaltung der Ränder von Plattenkondensatoren. Die Wärme dringt dadurch gleichmäßig in den Boden ein; die Kurven der Isothermen ähneln denen bei Konvektionserwärmung, wie sie etwa bei Koksöfen entstehen. Jedoch erwärmt sich der Boden bedeutend schneller. Die in Bild 5 dargestellten Kurven sind an einem Modell im Laboratorium aufgenommen worden. Der für die Erwärmung wich-

Bild 5. Fortschreiten einer Isotherme als Funktion der Zeit.  
a) Elektroden eben,  
b) Elektroden unter 30° abgekrümmt. (Die Zahlen an den Kurven bedeuten Minuten.)



tige Bodenwiderstand wurde übereinstimmend mit Messungen von anderer Seite im Telefunken-Laboratorium zu 7,8...25 kΩcm für eine Frequenz von 20 MHz ermittelt. Der Verfasser rechnet mit Leitfähigkeiten des Erdbodens, die im Verhältnis 1:100 schwanken können. Die Leitfähigkeit des gefrorenen Bodens beträgt bei hohen Frequenzen ein Mehrfaches der des aufgetauten Bodens — für 20 MHz wird das Vierfache angegeben — bei niedrigen Frequenzen ein Vielfaches — für 50 Hz das Zwölffache. Eine höhere Frequenz ist vorteilhaft, weil sich gut leitende Kanäle bei hohen Frequenzen nicht so leicht bilden wie bei niedrigen. Die Kanalbildung verhindert aber das Weiterauftauen, weil die gesamte Energie in dem Kanal nur eine hohe örtliche Erhitzung hervorruft, ohne daß das übrige Erdreich genügend erwärmt wird. Die neben dem spezifischen Widerstand des Bodens wichtige Dielektrizitätskonstante liegt je nach dem Wassergehalt des Bodens zwischen 3 und 10. Die zulässigen Feldstärken bei 30 MHz sind kleiner als 2 kV/cm, d. i. der zehnte Teil des Wertes für idealisierte Bedingungen.

Die Auftautiefe richtet sich nach der Frostgrenze im Boden, die erforderliche Leistung des Hochfrequenzgenerators nach dem Wassergehalt. Mit einem Versuchsgenerator von 18 kW Höchstleistung bei 30 MHz wurde 10 cm tief gefrorenes Gartenland bei -4,5 °C Lufttemperatur in 7 min bei 12 kW Leistungsabgabe aufgetaut. Über die aufgetaute Fläche und den Wassergehalt des Bodens wird nichts gesagt. Die Versuchseinrichtung ist auf einem Fahrzeug aufgebaut und kann von einem Drehstromnetz mit 220 oder 380 V betrieben werden. Zwischen den Elektrodenplatten und dem Generator liegt eine um ein Kardangelenkschwenkbare Energieleitung.

HM

DK 621.791.8

#### Neuere Erkenntnisse beim elektrischen Bogenschweißen.

Nach amerikanischem Vorbild haben wir die früher übliche Einteilung Kohle- und Metallbogen verlassen und unterscheiden nunmehr drei Arten von Schweißbögen: den offenen (open arc), den geschützten (shielded arc) und den verdeckten (submerged arc) Bogen. In der Frühzeit der Schweißtechnik kannte man nur den offenen, mit Kohle- und Metall- bzw. Stahlelektrode gezogenen Bogen; ihn benutzt man heute nur noch selten, da der Luft hierbei der Zutritt zur flüssigen Schmelze im statu nascendi gestattet ist und dadurch das Schweißgut bzw. die Naht Oxyd- und Nitritschlüsse und damit eine gewisse Verschlechterung und Härtung erhält. Auch die sonstigen Güteeigenschaften einer solchen Naht sind außer der Zugfestigkeit gering. Die Güteeigenschaften werden erheblich verbessert, wenn man die Stäbe umhüllt. Die Umhüllung enthält außer legierungs- und schlackebildenden Zusätzen auch Stoffe, die durch Verdampfung eine Schutzhülle bilden; man kann aber als Schutzhülle auch ein Schutzgas zuführen, wie Wasserstoff, Helium oder Argon, welches den mit Wolframelektroden gezogenen Bogen an der Schmelzstelle umschließt. Die besten Güteeigenschaften werden an einer Naht erzielt, die mit verdecktem Bogen hergestellt ist, wenn hier auch das Gefüge infolge langsamerer Abkühlung nicht so feinkörnig ist. Verdeckte Bogen arbeiten wir bei den automatischen, mit Schlackenpulver arbeitenden Schweißverfahren, dem Union Melt (bei uns Ellira genannt), dem Lincolschweißen und dem russischen Verfahren. Bei den beiden ersteren wird der Schweißdraht

von der Rolle in die Fuge gesenkt, mit Schlackenpulver bedeckt, gezündet und abgeschmolzen, wobei ein Teil des Pulvers die erkaltende Schmelze als Schlacke überdeckt. Beim russischen Verfahren wird ein Schweißstab in die Fuge gelegt und mit Pulver bedeckt. Dann wird ein Strombügel über den Stab geführt, wobei dieser einschmilzt. Beim Ellin-Haferguthverfahren wird ein langer Preßmantelstab in die Fuge eingelegt und mit Cu-Schienen abgedeckt; an einem Ende gezündet, brennt der Stab automatisch verdeckt ab. Philips, Holland, und neuerdings auch deutsche Hersteller haben eine sog. Kontaktelektrode herausgebracht, die ein Schweißen mit verdecktem Bogen von Hand ermöglicht. Der Schweißer braucht dabei keinen Bogen mehr zu halten. Kontaktelektroden haben außer dem normalen Schlacken- noch einen Eisenpulvermantel, können mit viel höherer Stromstärke abgeschmolzen werden und ergeben auch einen tieferen Einbrand. Letzterer wird noch größer bei den sog. Tiefeinbrandelektroden (deep penetration), welche auch schon von hiesigen Herstellern auf den Markt gebracht werden. Mit Tiefeinbrandelektroden kann man z. B. zweiseitige Stumpfnähte in X-Form an Blechen bis zu 25 mm Dicke herstellen, ohne vorher abzuschrägen. Ähnliches hat man in USA mit der Heißelektrode zu erzielen versucht, die lediglich mit hoher Stromstärke niedergeschmolzen wird. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Erwärmungselektrode von Schottky und Müller, die als umhüllte Elektrode mit normaler Stromstärke, aber etwa 25 mm langem Bogen abgeschmolzen wird und das Werkstück nur örtlich erhitzt, ohne daß der abschmelzende Stahl eine Bindung mit dem Untergrund eingeht, da die leichter fließende Schlacke dies verhindert. Diese Elektrode wird zum Richten verzogener Schweißstücke benutzt, ferner zum Vergüten der obersten Schweißlage bei geschweißten Stahlteilen, die nicht normalisiert, sondern entweder gar nicht oder nur spannungsfrei geüht werden, sowie zum Vorwärmen der Nahtfugen bei zu verschweißenden Sonderstählen verwandt. Auch überall dort, wo man einen Brenner zum örtlichen Anwärmen benötigt, kann man sie einsetzen.

Fiz

## Verkehrstechnik

DK 621.332.31 : 621.336

**Dynamisches Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer bei elektrischen Hauptbahnen.** [Nach H. Nibler: Glasers Ann. 73 (1949) S. 209 u. 74 (1950) S. 1.]

Die Berechnung und Konstruktion der Fahrleitungen und Stromabnehmer beschränkte sich bisher im allgemeinen auf die Gesetze der Statik und Festigkeitslehre, während dynamische Vorgänge beim Stromabnehmerlauf mehr oder weniger nur gefühlsmäßig beurteilt wurden. Die Forderung nach hohen Fahrgeschwindigkeiten im elektrischen Zugbetrieb gab nun Veranlassung, das Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer während der Fahrt durch Meßfahrten, Versuche und Berechnungen eingehend zu studieren.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf zulässige Neigung des Fahrdrahtes, Anpreßdruck des Stromabnehmers bei Elastizitätsänderungen an der Fahrleitung, dynamische Vorgänge bei Masseänderungen durch Gewichte am Fahrdrat, Anhubwelle des Fahrdrahtes beim Stromabnehmerlauf, Eigenschwingungen von Fahrleitungen und aerodynamische Einflüsse auf den Anpreßdruck des Stromabnehmers.

Es werden mathematische Beziehungen zwischen Masse und Federdruckkraft des Stromabnehmers, Federkonstante der Fahrleitung, Fahrgeschwindigkeit, Höhen- und Kontakt-druckänderungen abgeleitet. Hierzu wird folgende allgemeine Differentialgleichung für die Zeit-Weglinie aufgestellt:

$$\pm m \frac{d^2y}{dt^2} = p_{1,2} - \frac{y}{a}, \text{ wobei } a = f(t).$$

Dabei bedeuten:  $m$  die bewegten Massen im Stromabnehmer und Fahrdrat,  $p_{1,2}$  Federdruck des Stromabnehmers bei Aufwärts- und Abwärtsgang,  $y$  den Hubweg,  $a$  die Federkonstante [m/kg] der Fahrleitung und  $t$  die Zeit. Die Gleichung wird graphisch oder rechnerisch gelöst und daraus der Kontakt-druck ermittelt. Bei Massenänderungen am Fahrdrat ist an Stelle der Federkonstante  $a$  der Elastizitätsmodul des Fahrdrat-Baustoffes und das Trägheitsmoment des Querschnittes einzusetzen. Aus den Konstanten von Fahrleitung und Stromabnehmer läßt sich eine kritische Fahrgeschwindigkeit ermitteln.

Im Anschluß an die Berechnungen werden verschiedene Fahrleitungsbauarten kritisch beleuchtet. Ferner werden die



Ergebnisse von Meßfahrten ausgewertet; sie stimmen mit der Berechnung überein. Mit den Versuchsanordnungen, welche genauer beschrieben sind, können Höhenänderungen und Kontaktunterbrechungen bei verschiedenen Stromabnehmer- und Fahrleitungsbauarten, Federdrücken und Geschwindigkeiten registrierend gemessen werden. Auch Filmaufnahmen veranschaulichen die Bewegungsvorgänge bei verschiedenen Geschwindigkeiten und den Stromabnehmerlauf bei Massenpunkten am Fahrdraht. Schließlich werden noch Versuche und Messungen über den Einfluß des Luftwiderstandes auf den Kontaktdruck bei verschiedenen Fahrzeugbauarten sowie über Änderungen des Staudruckes bei Tunnelfahrten erläutert.

Auf Grund der Untersuchungen werden Bedingungen und Richtlinien für Anordnung und Konstruktion von Stromabnehmer und Fahrleitung aufgestellt, und zwar über das Verhältnis zwischen Stromabnehmermasse, Federdruck, Fahrdrachtgewicht und Zugspannung, ferner über Änderungen der Federkonstanten, zulässige Fahrdrachtheigungen und Gewichte am Fahrdraht, über Spannweiten, Hängereinteilungen, Fahrdrachthöhenlage und über Werkstoffeigenschaften des Fahrdrachtes.

**Eb**

**DK 621.335.2 (495)**

**Neue elektrische Lokomotiven für die belgischen Bahnen.** [Nach Rev. gén. Chem. de Fer 69 (1950) S. 170; 5 S., 6 B.]

Auf dem verkehrsintensiven belgischen Netz werden Personenzüge vorwiegend bei Tag und Güterzüge überwiegend bei Nacht gefahren. Es lag daher nahe, Allzweck-Lokomotiven zu entwickeln, um beste Ausnutzung zu erzielen. Alle Lokomotiven haben die Achsfolge B+B, 80 ... 82 t Gewicht, vier Triebmotoren für 1500 V, von denen bei der Fahrdrachtspannung von 3000 V dauernd zwei in Reihe geschaltet bleiben. Die Reihen-Parallelschaltung ermöglicht zwei wirtschaftliche Fahrkennlinien. Die Elastizität wird durch hohe Feldschwächungsgrade erreicht.

Für den Kurzstreckenverkehr sind zunächst zwanzig BB-101-Lokomotiven vorgesehen, die den französischen BB-325-Lokomotiven sehr ähneln. Für den Langstreckendienst sind sechs BB-120- bzw. BB-121-Lokomotiven bestimmt, die mit den schweizerischen Ae-4/4-Lokomotiven der BLS-Bahn verglichen werden können. Hier sind kompensierte, sechspolige Motoren gewählt worden mit zwei Ankerwicklungen und zwei Stromwendern, die dauernd in Reihe geschaltet bleiben. Die nachstehende Tafel gibt die wesentlichen Einzelheiten wieder:

Bauart		BB 101	BB 121
Länge über Puffer	m	12,89	15,6
Dienstgewicht	t	80	82
Zahnradübersetzung	i:	3,38	2,22
bei Stundenlast:			
Leistung am Radumfang	PS	2180	2800
Zugkraft am Radumfang	t	14	15
Geschwindigkeit	km/h	42,2	51
bei Dauerlast:			
Leistung am Radumfang	PS	1720	2340
Zugkraft am Radumfang	t	10	11,5
Geschwindigkeit	km/h	46,5	54,5
Höchstgeschwindigkeit	km/h	100	130
größter Feldschwächungsgrad	%	50	29

*Hom*

**Elektrische Antriebe**

**DK 621.316.718 : 621.385**

**Elektronische Motorsteuerung.** [Nach R. Kretzmann: Funktechnik 5 (1950) S. 403 u. 426.]

Elektronische Motorsteuerungen werden, z. B. im Werkzeugmaschinenbau, in den letzten Jahren steigend angewendet. Je nach den Erfordernissen arbeitet man mit veränderlicher Ankerspannung oder mit veränderlichem Feld oder aber auch mit gleichzeitiger Regelung beider Größen. Hierdurch und durch zusätzliche Einrichtungen kann erreicht werden, daß 1. der Motor weich (vorwärts oder rückwärts) bis zu einer zuvor beliebig eingestellten Drehzahl automatisch anläuft, 2. die Drehzahl sich bei ändernder Belastung automatisch auf dem vorgeschriebenen Wert hält, 3. die Drehzahl des Motors sich in einer vorgewählten Reihenfolge und Größe programmäßig ändert (Programmsteuerung), 4. der Motor schnell abgebremst wird, 5. die Drehrichtung schnell geändert werden kann. — Die Drehzahl wird grundsätzlich dadurch geregelt, daß der Zündzeitpunkt der Thyatronröhren in jeder Periode vor- oder rückverlegt wird, und zwar ent-

weder mit an den Gittern der Thyatronröhren liegenden phasenverschobenen Impulsen oder mit einer veränderlichen Gittergleichspannung, der eine um 90° phasenverschobene Wechselspannung überlagert ist. Im ersten Falle wird eine regelbare Phasenbrücke benutzt, die einen ohmschen und einen regelbaren Blindwiderstand enthält (Drossel mit zusätzlicher Gleichstromwicklung zur Vormagnetisierung des Eisenkerns). Die Ausgangsspannung der Phasenbrücke liegt an der Primärwicklung eines Impulstransformators. Im zweiten Falle verwendet man eine auf 90° fest eingestellte Phasenbrücke und eine von einem Gleichrichter gelieferte Gleichspannung, die durch Regeln der Gitterspannung einer Verstärkerröhre geändert wird. In beiden Fällen kann die Motordrehzahl selbsttätig und unabhängig von der Belastung konstant gehalten werden, indem man eine der Drehzahl proportionale Spannung (aus einer Tacho-Dynamo) oder auch unmittelbar die Ankerspannung mit einer festen (je nach der gewünschten Drehzahl einstellbaren) Bezugsspannung vergleicht und die Differenz über einen Verstärker den Gittern der Thyatronröhren zuführt. Wählt man die Ankerspannung als Maß für die Drehzahl, so muß man den Spannungsverlust am Ankerwiderstand durch eine Kompensationsschaltung berücksichtigen.

Elektronische Motorsteuerungen sind recht wirtschaftlich, die Anschaffungskosten liegen etwa bei denen eines entsprechenden Leonardsatzes, doch brauchen die Geräte weniger Platz, keine Fundamente und nur geringe Wartung. Die mittlere Lebensdauer der Röhren liegt bei mehr als 6000 h. **Sb**

**Fernmeldetechnik**

**DK 621.396 (73)**

**Fortschritte der Funktechnik.** [Nach Proc. Inst. Radio Engrs. N. Y. 38 (1950) S. 358; 33 S., 818 Literat.-Zitate.]

Das Jahr 1949 brachte in Amerika für die breite Öffentlichkeit vor allem die Entwicklung neuer und billiger Rundfunk- und Fernsehgeräte mit weniger Röhren und Kreisen, einfacheren Bauteilen und neuen Methoden der Massenfertigung. Besonders hervorzuheben sind auch die Fortschritte in der Richtung neuer Industrie-Normen und die Neuschaffung eines Komitees zur Normung der Methoden auf dem Gebiete des Meßwesens.

In den einzelnen Teilgebieten wurden folgende Fortschritte erzielt:

Auf dem Gebiete der Antennen und Hohlkabel werden in der Literatur des Jahres 1949 besonders Hornstrahler eingehender behandelt. Die Berechnung der Strahlungskennlinie aus der Feldverteilung in der Austrittsfläche ist mit einiger Genauigkeit möglich. Die Impedanz eines Hornstrahlers kann nach der Theorie der Leitungen erhalten werden. Dielektrische Linsen werden beschrieben, ebenso Antennen für zirkularpolarisierte Strahlung behandelt. Eine mathematische Theorie kurzer Antennen stimmt gut mit den experimentell erhaltenen Werten für die Stromverteilung überein. Methoden zur Messung der Stromverteilung auf Antennen werden angegeben, Schlitzantennen und ihre Strahlungsdiagramme beschrieben. Rundfunkantennen werden untersucht, wie auch UKW-Antennen für Frequenzmodulation und Fernsehantennen. Die theoretische Behandlung der Wellenfortpflanzung in Hohlkabeln wurde weitergetrieben und die Theorie der Mikrowellenfilter ausgebaut.

Auf dem Gebiet der Tonfrequenztechnik wurde die Verbesserung der Tonqualität von Radioapparaten und Sendern in Angriff genommen, die auf einer Tagung der Acoustical Society of America im November 1948 besprochen worden war. Die Meßtechnik wurde durch Neuentwicklungen, wie Geräuschmesser und neue Mikrophone, verfeinert. Besondere Fortschritte wurden in der Normung auf dem Tonfrequenzgebiet erzielt. Zwei Komitees beschäftigen sich mit Definitionen, Zeichen und Meß- und Prüfmethode für Tonfrequenzsysteme und -einzelteile.

Die Theorie der Netzwerke und Kreise wurde durch eine strenge mathematische Untermauerung bereichert, die Theorie kombinierter positiver und negativer Rückkopplung wurde ausgebaut. Ein besonderes Interesse gilt den nicht sinusförmigen Spannungen und Impulsen, bei denen als Parameter immer mehr die Zeit in den Vordergrund tritt, während die als Parameter bisher übliche Frequenz zurücktritt.

Auf dem Gebiete der Entwicklung von Radioeinzelteilen ist die Schaffung von Kleinstteilen und Kleinstgeräten das hervortretende Merkmal.

Weitere wesentliche Fortschritte werden der Reihe nach angeführt und die betreffenden Arbeiten der in Amerika zu-

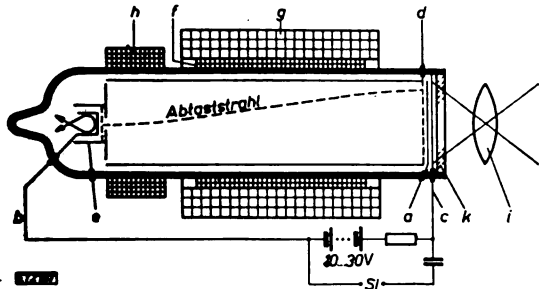
gänglichen Weltliteratur zitiert. Folgende Gebiete werden noch behandelt: Elektroakustik, Ultraschall, Elektronenröhren, Photozellen, Geiger-Müller-Zählrohre, Halbleiter-Anordnungen, wie Germanium-Gleichrichter, Transistor, Photo-Transistor, Dreielektroden-Mischkristalle, elektronische Rechengenäte, Faksimile-Methoden, industrielle Elektronik, Modulationsverfahren, Navigationsverfahren, elektronische Kernphysik, piezoelektrische Kristalle einschließlich synthetischer Kristalle, Radiosender, Eisenbahn- und Auto-Radio, Radioempfänger, Tonaufzeichnung und -wiedergabe, Fernsehverfahren, Wellenausbreitung, Radiometeorologie und Radioastronomie.

Mc

DK 621.397.611

**Das Vidicon, eine Fernsehkamera-Röhre.** [Nach P. K. Weimer, S. V. Fougue u. R. R. Goodrich: Electronics 23 (1950) S. 70]

Schon in früheren Jahren beschäftigte man sich mit der Ausnutzung der Photoleitung für die Fernsehaufnahmen. Sehr bald setzten sich jedoch Aufnahmeverfahren nach dem Prinzip der Photoemission durch. Im Vidicon hat man auf die Photoleitung zurückgegriffen und es ist gelungen eine Kameraröhre zu schaffen, die bei einem Durchmesser von nur 25 mm und ohne einen Elektronenvervielfacher die Empfindlichkeit der Emissionsröhren bei weitem übertrifft. Der Abtaststrahl (Bild 6) lagert Elektronen auf die Oberfläche des



- a photoleitender Schirm + 300 V
- b Kathode ± 0 V
- c durchsichtige Anode
- d Gitter + 300 V
- e Hilfsanode + 300 V
- f Ablenkspule
- g Scharfeinstellung
- h Justierspule
- i Abbildungsoptik
- k Glasdeckel, eingeschmolzen
- SI Aufnahmesignal

Bild 6. Fernsehkamera-Röhre (Vidicon).

Photoleiters *a* an, wodurch er die Fläche auf das thermoionische Potential der Kathode *b* entlädt. Trotz der beträchtlichen Feldstärke zwischen den Oberflächen des photoleitenden Schirmes *a* fließt nur ein minimaler Strom, solange der Schirm dunkel ist. An seinen beleuchteten Stellen steigt die Leitfähigkeit an, so daß diese ein etwa 2 V höheres Potential als die Kathode bekommen. Der Strahl neutralisiert die angesammelte Ladung, wenn er die betreffende Stelle abtastet; hierdurch entsteht die der Helligkeit entsprechende Spannung. Da der Schirm während der gesamten Abtastperiode lichtempfindlich ist, gestattet er eine vollkommene Speicherung der Ladung.

Dieses Verfahren verlangt, daß der Widerstand der photoleitenden Fläche genügend groß ist, so daß ihre Zeitkonstante 1/30 s (die Abtastzeit eines Fernsehbildes) übersteigt. Ein Dunkelwiderstand von 10<sup>12</sup> Ωcm wird als hinreichend angesehen. Das Bild kann mit dem Vidicon in 600 Zeilen aufgelöst werden. Viele Stoffe, wie Selen, Schwefel und Sulfide, Selenide und auch Oxyde sind als photoleitend bekannt; einige davon haben sich als besonders brauchbar für den Auffangschirm erwiesen. Die Empfindlichkeit ist 300 μA/lm (50 μA/lm bei Photoemission) und bringt störungsfreie Bilder mit einer Reflektionsleuchtdichte der Szene von etwa 20...50 asb bei einer Blendenöffnung von *f* = 1:2 der Abbildungsoptik.

Wmm

### Elektroakustik

DK 621.395.6 : 537.228.1

**Elektroakustische Geräte mit Seignettesalz-Kristall.** [Nach M. G o s e w i n k e l: Frequenz 4 (1950) S. 142; 4 S., 5 B.]

In neuerer Zeit sind in steigendem Maße elektroakustische Geräte auf den Markt gekommen, in denen zur Umwandlung von akustischer und mechanischer Energie in elektrische und umgekehrt Seignettesalz verwendet wird. Am bekanntesten sind Kristalltonabnehmer und -mikro-

phone als piezoelektrische Sender und Kristalllautsprecher und -kopfhörer als piezoelektrische Empfänger.

Kristallsysteme sind verhältnismäßig einfach und billig herstellbar und können als hochohmige Wandler ohne Hilfsspannungen oft betrieblich günstig eingesetzt werden. Die Nachteile der Kristallsysteme sind Zerbrechlichkeit, Wasserlöslichkeit und Temperaturabhängigkeit. Während man die beiden erstgenannten Mängel durch konstruktive Maßnahmen beheben kann, läßt sich die Temperaturabhängigkeit praktisch nicht ausschalten.

Der Einfluß der Temperatur auf die piezoelektrischen Eigenschaften wurde untersucht. Sowohl der Piezomodul (Zusammenhang zwischen dem auf den Kristall ausgeübten Druck und der von ihm erzeugten Ladung) als auch die Dielektrizitätszahl nehmen zwischen den beiden sog. „Curiepunkten“ —15 und +23 °C beträchtliche Werte an; an den Curiepunkten selbst werden noch zusätzliche starke Überhöhungen festgestellt. Außerhalb dieser beiden Grenzen sinken die Werte erheblich. Schon bei einer Temperatursteigerung von 23 auf 30 °C sinken Piezoeffekt und Dielektrizitätszahl je auf ein Zwanzigstel des Wertes ab. Erreicht die Temperatur 53 °C, so wird der Kristall zerstört und verliert bleibend seine piezoelektrischen Eigenschaften.

Die Ladung eines Kristallelementes ist innerhalb gewisser Grenzen proportional dem ausgeübten Druck *p*:

$$\frac{F}{Q} = d_{14} \cdot p$$

(*d*<sub>14</sub> ist der Piezomodul für Seignettesalz in der maßgebenden Achsrichtung).

Für piezoelektrische Sender, also Kristallmikrophone oder -tonabnehmer, ist praktisch nur die abgegebene Leerlaufspannung maßgebend.

Solange also Piezomodul und Dielektrizitätszahl *ε* annähernd gleich von der Temperatur abhängen, bleibt der Quotient aus *d*<sub>14</sub>/*ε* konstant und somit die Spannung temperaturunabhängig. Dies gilt allerdings nur, solange die Belastung des Kristallsystems durch den Außenwiderstand nicht in den Frequenzgang einreißt, da durch die temperaturbedingte Änderung von *ε* sich die Eigenkapazität und somit auch der Generatorwiderstand ändert.

Beim Piezoempfänger, also Kristalllautsprecher und -hörer, liegen die Dinge weniger günstig; hier muß man von der Längenänderung ausgehen, die das Kristallsystem beim Anlegen einer Spannung *U* erfährt:

$$\Delta l = k \cdot d_{14} \cdot U$$

(wobei *k* durch die Abmessungen des Kristalles bedingt ist).

Man sieht also, daß die Längenänderung bei konstanter Spannung proportional dem Piezomodul und somit stark temperaturabhängig ist. Das kann bei einem Kristalllautsprecher oder Kristallhörer (z. B. in einem Schwerhörgerengerät)<sup>1</sup> bei erhöhten Temperaturen zu merklichen Lautstärkeverlusten führen. Messungen bestätigen diese Überlegung und zeigen die Grenzen piezoelektrischer Geräte auf. Go

### Physik

DK 621.318.3 (091)

**125 Jahre Elektromagnet.** — Nachdem H. Chr. Oersted im Juli 1820 den Elektromagnetismus entdeckt hatte, erklärte A. M. A m p è r e daraufhin alle magnetischen Erscheinungen als Wirkungen elektrischer Ströme, die in geschlossenen Bahnen in unter sich parallelen Ebenen den Magneten umkreisen. Da Ampère am wirklichen Magneten diese Kreisströme nicht nachweisen konnte, erfand er noch im Jahre 1820 als Modell zum Beweis seiner Theorie das Solenoid, die jedem Elektrotechniker bekannte erste Spule in der Geschichte der Technik [1]. Durch eine ganz andere Überlegung kam ebenfalls noch im Jahre 1820 J. S. S c h w e i g g e r zu seiner Spulenform, die er Multiplikator nannte, weil sie die magnetische Wirkung des geraden stromdurchflossenen Leiters vervielfachte; aus Oersted's Beobachtung, daß die Richtung der Magnetenadelablenkung wechselt, wenn man den stromdurchflossenen Leiter nicht über die Nadel sondern unter sie hielt, schloß Schweigger auf eine dann auch experimentell bestätigte Verdoppelung der magnetischen Wirkung, wenn man den Leiter über der Nadel hin- und unter ihr zurückführte. Durch die Anwendung mehrerer Schleifen konnte die Wirkung noch entsprechend verstärkt werden [2].

<sup>1</sup> S. u. a. Knoll u. Schroeter: Phys. Z. (1937) S. 330.

<sup>2</sup> Vgl. Güttner: ETZ 71 (1950) S. 681.



Wenn der stromdurchflossene Leiter sich wirklich, wie Oersted behauptete, in allen Fällen wie ein Magnet verhielt, dann mußte er auch Eisenfeilspäne anziehen können. Den experimentellen Beweis dafür erbrachte D. F. Arago, und zwar ebenfalls noch in dem für die Physik und Elektrotechnik so ereignisreichen Jahre 1820 [3].

Diese Entdeckungen von Oersted, Ampère, Schweigger und Arago bildeten die wissenschaftliche Grundlage für die Erfindung des Elektromagneten durch William Sturgeon im Jahre 1825. Durch welche Gedankengänge Sturgeon dazu kam, ist nicht genau bekannt. Wir kennen seine erste Ausführung dieses wichtigsten Bauelementes der Elektrotechnik. Dieser erste Elektromagnet der Welt hatte einen hufeisenförmigen Kern aus Rundeisen von  $\frac{1}{2}$  Zoll Stärke und eine Wicklung aus 18 Windungen starken, blanken Kupferdrahtes (Bild 7). Der Erfinder schenkte ihn noch im Jahre 1825 der „Society for the Encouragement of Arts, Manufacture and Commerce“ [4].

William Sturgeon (1783—1850) war zuerst Schuhmacher, dann lange Jahre Soldat und von 1820 an wieder Schuhmacher; gründliche physikalische Kenntnisse, die er sich durch Selbstunterricht in seiner Soldatenzeit erworben hatte, und die Förderung durch einflußreiche Gönner verschafften ihm eine Stelle als Physiklehrer. Da er auf seine Erfindung kein Patent nahm und sich mit einer Silbernen Medaille und einer Prämie von 30 Guineas begnügte, geriet er im Alter trotz des ungeheuren wirtschaftlichen Wertes seiner Leistung in Not, so daß ihm die englische Regierung kurz vor seinem Tode eine Pension aussetzen mußte [5].

#### Schrifttum

- [1] Ann. chim. phys. 15 (1820) S. 75, 172 u. 207.
- [2] Schweigg. J. 31 (1821) S. 1.
- [3] Ann. chim. phys. 15 (1820) S. 93.
- [4] Trans. Soc. Arts, Manufact. a. Comm. 43 (1825) S. 37. — W. Sturgeon: Sci. Res. Bury 1850, S. 103.
- [5] Dict. Nat. Biogr. 55 (1898) S. 131; J. A. Fleming: W. Sturgeon and the centenary of the electromagnet. J. Royal Soc. Arts 73 (1925) S. 690.

O. Mahr

DK 534.321.9 (061.3)

**Internationaler Ultraschall-Kongreß in Rom, Juni 1950.** — Auf Einladung des Italienischen Nationalen Forschungsrates, der Internationalen Vereinigung für Physik, des Nationalen Ultraschall-Institutes und der Italienischen Gesellschaft für Physik fand vom 14. bis 17. 6. 50 in Rom ein Ultraschall-Kongreß statt, an dem rund 150 Wissenschaftler aus 15 Ländern teilnahmen. Nach einleitenden Vorträgen von Bell (Newcastle), Bergmann (Wetzlar), Chavasse (Paris), Giacomini (Rom) und Hecht (Kiel) wurden die physikalisch-technischen und biologisch-medizinischen Fragen in zwei getrennten Sitzungsgruppen behandelt. Im folgenden sei versucht, über die Beiträge aus dem Gebiet der Physik und Technik einen sachlich geordneten Überblick zu geben.

E. Skudrzyk (Wien) trug eine grundsätzliche Theorie der elektromechanischen Schallgeber unter besonderer Berücksichtigung der magnetostruktiven Schallerzeugung vor, während K. v. Sanden (Erlangen) aus einer größeren Arbeit über die elektrischen und akustischen Impedanzverhältnisse und ihre Transformationsmöglichkeit durch planparallele Schichten bei technischen piezoelektrischen Ultraschallgebern referierte. Die Bestimmung der elastischen Kenngrößen piezo- und ferroelektrischer Kristalle war Gegenstand eines Beitrages von F. Jona (Zürich). G. Bradfield (NPL, Teddington) berichtete über Versuche mit Barium-Titanat-Schallgebern im Vergleich mit Quarz-, ADP- und magnetostruktiven Gebern sowie über die Möglichkeit, speziell geformte Geber herzustellen. A. J. King (Manchester) über Erfahrungen mit Hochleistungsgebern (Quarz mit Blei-Rückschicht, 200 kHz, 45 W/cm<sup>2</sup>, und Nickelstäbe, 10 kHz, speziell für Aluminiumlötlung).

Die rein mechanische Ultraschall-Erzeugung war Gegenstand des Vortrages von J. Palme (Paris) über den Hartmann-Geber sowie des Berichtes von P. Grognot und R. Lehmann, die die Spektren der Ultraschallschwingungen

im Strahl verschiedener Düsentriebwerke (die bis etwa 70 kHz reichen) untersucht haben. Über Ultraschall-Leistungsmessung berichtete F. Seidl (Wien); A. Barone und M. Nuovo (Rom) beschrieben ein Verfahren, bei dem die Leistung von moduliertem Ultraschall durch ein Schallstrahlungs-Mikrophon mit nachfolgender Verstärkung sehr empfindlich gemessen wird.

An Problemen des Ultraschallfeldes behandelte A. Schoch (Göttingen) den Schalldurchgang durch Platten, der bekanntlich vom Einfallswinkel abhängt. Die Intensitätsstruktur im Schallfeld und damit verwandte Fragen waren Gegenstand der Berichte von G. Branca, A. Carelli, E. Grossetti und F. Porreca, während O. A. Angerer und K. v. Sanden (Erlangen) Beobachtungen im stehenden Wellenfeld mitteilten, die im Zusammenhang mit biophysikalischen Untersuchungen (räumliche Trennung von Schalldruck und Schallschnelle) angestellt worden waren. Über Versuche zur Analogie zwischen Ultraschall und Lichtbündel referierte R. Mercier (Lausanne). R. Lucas trug eine Studie zum Schallstrahlungsdruck bei. Die Abhängigkeit der Absorption von der Intensität, insbesondere unter dem Einfluß der Kavitation, war Gegenstand der Vorträge von S. R. De Groot (Utrecht) und F. E. Fox (Washington DC.), der insbesondere feststellte, daß der Einsatz der Kavitation bzw. die entsprechende Zunahme der Absorption bei steigender Intensität nicht immer vom Gasgehalt der Flüssigkeit abhängt. Über den Einfluß der Absorption auf die Ausbreitung des Ultraschalls im Meerwasser (z. B. bei Echolotung) berichtete E. Paolini (Mailand). F. Canac (Marseille) referierte über die Verwendung von Ultraschall bei raumakustischen Untersuchungen. E. Meyer (Göttingen) zeigte 3 Ultraschallversuche, wie sie im physikalischen Praktikum in Göttingen für die Studierenden vorgesehen sind.

Die Messung von Schallgeschwindigkeit, Absorption usw. in verschiedenen Medien mittels Ultraschalles erlaubt in gewissen Umfange eine Art „Feinstruktur-Untersuchung“ der Proben. Über die Theorie auf diesem Wege möglicher Rückschlüsse trugen H. O. Kneser (Braunschweig) und W. Schaaffs (Berlin) vor, während G. Bradfield (NPL, Teddington) und E. G. Stanford (Banbury-Oxon) insbesondere über die Schallfortpflanzung in Prismen bzw. Stäben berichteten, bei denen sich bei hinreichend kurzen Wellenlängen Analogien zu den Hohlleitern zeigen; praktisch folgen hier aus den Schallgeschwindigkeiten die elastischen Daten, während aus der Absorption Rückschlüsse auf die Korngröße und -struktur möglich sind. Methodik und Ergebnisse solcher Untersuchungen wurden von verschiedenen Vortragenden an Hochpolymeren, Metall-Legierungen, Flüssigkeiten und an kondensierten Gasen bei sehr niedrigen Temperaturen referiert (K. W. Hillier, J. Barducci, A. Barone, P. G. Bordoni, M. Nuovo, C. E. Mulders, D. Sette, G. Itterbeck). Eine „Grobstruktur-Prüfung“ hingegen ist bekanntlich möglich, wenn die schallenerzeugende Wirkung von Lunkern und anderen gasgefüllten Hohlräumen in der Probe ausgenutzt wird (E. G. Stanford, A. Homes, H. Ots).

Aus dem Gebiet der Ultraschall-Technologie gab R. O. Prudhomme (Paris) einen allgemeinen Überblick über die physikalisch-chemischen Wirkungen des Ultraschalls, während W. Sneath (Föhring) über die Ultraschallalterung von Spiritosen berichtete.

Als Ergänzung seien aus dem biologisch-medizinischen Arbeitsgebiet hier die wichtigsten Ergebnisse bezüglich der Ultraschall-Therapie berichtet, die immer wieder Gegenstand von Diskussionen ist: Das dringliche Problem des biophysikalischen Wirkungsmechanismus scheint nunmehr im wesentlichen dahingehend geklärt zu sein, daß die Ultraschallwellen im lebenden biologischen Gewebe eine Erwärmung einerseits und eine mechanisch zustandekommende Verstärkung von Diffusionsvorgängen andererseits bewirken. Die bisher klinisch anerkannten Anwendungsgebiete (Entzündungen, schlecht heilende Wunden, Gewebs- und Gelenkverhärtungen, Nervenschmerzen) wurden durchweg bestätigt und im einzelnen teils wichtige Ergänzungen gegeben. Die neuerdings vielfach propagierte Behandlung mit Ultraschallimpulsen (an Stelle der üblichen kontinuierlichen Schallzufuhr), die Gegenstand einiger Vorträge war, wurde dagegen allgemein abgelehnt, da sie therapeutisch keine erkennbaren Vorteile zeigt. Im Ganzen muß die Ultraschallanwendung auf vielen Gebieten als sehr wertvolles und auf einigen sogar durchaus überlegenes Heilmittel angesehen werden.

Mit dem Kongreß war eine Ausstellung der Industrie verbunden, auf der die medizinischen Firmen weitläufig

stärksten vertreten waren (8 deutsche, 1 belgischer, 3 österreichische Aussteller). Als Geräte für industrielle Anwendung zeigten Born & Co. (Frankfurt) ein Durchlaufgerät, Urakust (Ruhmannsfelden) ein Rührpendel-Gerät (6 Schallgeber im Pendel, 300 W) zur Beschallung von Flüssigkeiten, während *Frequentis* (Wien) ein Gerät mit Beschallungsrohr ausgestellt hatte. Als einzige Firma zeigte die ACEC. (Charleroi) ein Material-Prüfgerät (Grobstruktur), bei dem der Sende- und der Empfangs-Schallkopf mit Gummipolstern an den Prüfling angekoppelt werden. Sd

## Werkstatt und Baustoffe

DK 620.196 : 621.315.616.9

**Heißspritzen von Polyethylen.** [Nach J. A. Neumann: Mod. Plastics 27 (1950) H. 10, S. 85; 3 S., 3 B.]

Polyethylen mit seinen ausgezeichneten elektrischen und chemischen Eigenschaften läßt sich für Anstrichlacke bekanntlich nicht verwenden, da es unterhalb 70 °C nicht löslich ist. Befriedigende Überzüge haben sich neuerdings jedoch mit Hilfe eines Flammspritzverfahrens herstellen lassen. Der schmale Erweichungsbereich des Polyethylens und sein scharfer Schmelzpunkt kommen diesem Verfahren zugute.

Die Spritztechnik ist einfach, erfordert jedoch eine besonders geartete Spritzpistole mit verschiedenen Zusatzeinrichtungen. Das Polyethylen befindet sich in gepulverter Form in einem trichterförmigen Behälter, der eine Luftschüttelvorrichtung und im oberen Teil eine Wirbelkammer enthält. Diese ist durchsichtig; ihr Inneres kann also von außen gut beobachtet werden, was im Betrieb eine genaue Einstellung des Staubluftgemisches ermöglicht. Ein biegsamer Schlauch verbindet die Staubanlage mit der Spritzpistole. Diese ist über einen zweiten Schlauch mit einer Gasflasche und über einen dritten mit einer Luftzuleitung verbunden. Wichtig ist, daß die Staubteilchen klein und gleichförmig sind. Größere Teilchen verstopfen möglicherweise die Leitung. Rundheit der Teilchen haben vor den flockigen den Vorteil, daß sie genauer dem Luftstrom folgen, also seitlich nicht abgeblasen werden.

Die Haftfähigkeit des Polyethylens auf der metallischen Unterlage ist erklärlicherweise stark von deren Oberflächenbeschaffenheit abhängig. Schmirgelscheibe oder Sandstrahlgebläse schaffen die nötigen Voraussetzungen. Nach dem Reinigen muß die zu behandelnde Oberfläche vorgewärmt werden, was mit der Spritzpistole selbst geschieht, indem man einen Nebkanal öffnet, welcher der Flamme einen Luftüberschuß gibt. Sie gleicht dann einem Bunsenbrenner. In dieser Stellung wird kein Polyethylen in die Flamme gesogen. Ist die Fläche genügend vorgewärmt, so wird die Nebenleitung geschlossen, die Flamme verlängert sich und gleichzeitig fällt die Temperatur. In dem Schlauch, der die Spritzpistole mit der Staubkammer verbindet, entsteht jetzt ein Sog. Polyethylenstaub wird in die Spritzpistole gezogen und ausgeblasen; er schmilzt in der Flamme und wird durch diese hindurch auf die vorgewärmte Fläche geschleudert. Die Dicke der Schicht hängt von der Pulveranlieferung, der Flamme und schließlich in bekannter Weise von der Handbewegung ab. Man kann etwa 0,4 mm in einem Zuge auftragen. Selbstverständlich kann man die Fläche verschiedene Male überstreichen und so bequem auf 3 mm Schichtdicke kommen. Auf diese Weise erhält man gleichmäßige und gut aussehende Überzüge, die außerordentlich fest haften. Versuche haben gezeigt, daß derartige Polyethylenfilme die gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften haben wie beispielsweise Spritzgußteile.

Zum Messen der Schichtstärke wird ein elektromagnetischer Dickenmesser empfohlen, der natürlich nur bei ferromagnetischen Stoffen brauchbar ist. Die Porosität bestimmt man durch Hochfrequenzprüfgeräte, die bei Fehlstellen kleine Funken auslösen. Die Haftfestigkeit stellt man am besten mit einem Messer fest, das man zwischen Schicht und Metallplatte zu treiben sucht. Das Ablösen eines größeren Streifens darf dabei nicht möglich sein. Sind Korrosionsuntersuchungen erforderlich, so kann man kleine Schalen von etwa 100 mm Dmr. verwenden, die innen mit Polyethylen ausgespritzt sind und mit der Probeflüssigkeit gefüllt werden.

Ein großes Anwendungsgebiet für derartig hergestellte Polyethylenüberzüge glaubt man in der chemischen Industrie, in der Lebensmittelindustrie und in der Textilindustrie überall da zu finden, wo Korrosionsbeständigkeit gefordert

wird. Ähnliche Anwendungsgebiete dürften sich auch in der Elektroindustrie finden, wo das Polyethylen bekanntlich eine hervorragende Stellung einnimmt. Br

DK 621.315.617.4

**Dielektrische Eigenschaften und physikalische Trocknungsbedingungen bei Ollackfilmen.** [Nach W. M. H. Schulze: Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 16 (1950) S. 88; 6 S., 10 B.]

Lacke auf der Basis von Leinöl und Holzöl trocknen unter Aufnahme von mehr oder weniger Sauerstoff, wobei der Sauerstoff Brücken zwischen benachbarten Molekülen bildet. Beim Leinöl bilden sich dabei Abbauprodukte, die die dielektrische Güte bei zu weit vorgetriebener Trocknung herabsetzen können. Diese Vorgänge interessierten den Verfasser im Zusammenhang mit der Herstellung von Lackdrähten und wurden durch Messung der dielektrischen Verluste nach jeweils geänderten Trockenbedingungen untersucht. Unterschiedliche Polymerisationsgeschwindigkeiten und die Bildung von Abbauprodukten konnten damit nachgewiesen werden. Zur Messung der Stabilität von Filmen wurde die Kapazität als Funktion der Temperatur bestimmt.

Die angegebenen Werte scheinen zum großen Teil nur durch Einzelmessungen belegt zu sein, so daß kein Schluß auf die Reproduzierbarkeit und Allgemeingültigkeit der Ergebnisse gezogen werden kann. Der Bericht mußte bei ähnlichen Messungen immer den Einfluß adsorbierter Feuchtigkeit eliminieren, ehe sich ein klares Bild ergab. Pt

DK 621.318.32 : 938.21

**Die Technik magnetischer Werkstoffe.** [Nach Proc. Instn electr. Engrs. II, 97 (1950) S. 119 ... 274.]

Obige Zeitschrift bringt eine Reihe von Arbeiten über die Technik magnetischer Werkstoffe und deren Anwendungen, von denen die wichtigsten Ergebnisse kurz wiedergegeben werden sollen.

K. H. Stewart berichtet über Verlustmessungen an geglihten FeSi-Blechen, bei denen 40% des Gesamtverlustes nicht durch Hysteresee- und Wirbelstromverluste erklärt werden können. Diese zusätzlichen Verluste wachsen mit der Frequenz (untersucht bis 125 Hz) zuerst stark, dann schwächer und sind (bis 80°) praktisch temperaturabhängig. Nur in wenigen Fällen können die zusätzlichen Verluste durch Ungleichmäßigkeiten in der Magnetisierung über den Querschnitt der Probe erklärt werden; es muß daher allgemein nach einer anderen Erklärung gesucht werden. Diese könnte darin bestehen, daß diese Sonderverluste durch die Trägheit der Wandverschiebungen hervorgerufen werden, die eine experimentell bestimmte Zeitkonstante von  $10^{-4}$  s aufweisen. Ob die Bewegung der Wandverschiebungen durch mikroskopische Wirbelströme gehemmt wird oder durch eine andere Art von Reibung, bleibt offen.

W. F. Randall gibt einen zusammenfassenden Bericht über den Einfluß einiger metallurgischer und struktureller Faktoren (Zusammensetzung und Heterogenität, Reinheit, innere Spannungen, Kristallorientierung, Korngröße und -form, Überstruktur, Oberflächenbeschaffenheit und Einfluß der Blechdicke) auf die magnetischen Eigenschaften (Sättigung, Maximal- und Anfangspermeabilität, Remanenz, Koerzitivkraft, Wattverluste bei Netzfrequenz und höheren Frequenzen) magnetisch weicher Werkstoffe.

R. J. Halsey untersucht die magnetischen Eigenschaften unterteilter ferromagnetischer Kerne (Blech-, Band-, Pulver- und Ferritkerne) im Gebiet der Anfangspermeabilität ( $B = 10$  G) für Telegraphie, Telephonie, Radio und Fernsehen.

W. S. Melville berichtet über Messung und Berechnung von Stoßmagnetisierungscharakteristiken an 0,25 bis 0,025 mm starken NiFe-Bändern im Gebiet  $0,1 \dots 5 \cdot 10^{-6}$  s.

R. O. Carter u. D. L. Richards untersuchen an heißgewalzten Si-Fe-Blechen (0,2 ... 4,3% Si) in Form von Ringen und Streifen in Stärken von 0,3 ... 0,5 mm bei verschiedenen Werten der polarisierenden Feldstärke (0,25 ... 10 Oe) die Wechselstrompermeabilität  $\mu_{\Delta}$  für Wechselflußdichten von  $\Delta B = 1 \dots 1000$  G und Frequenzen von 50 und 800 Hz. Der Wert von  $\mu_{\Delta}$  steigt mit zunehmendem Siliziumgehalt und ist in der Walzrichtung im allgemeinen um rd. 10% höher als senkrecht dazu. Bei 800 Hz ist  $\mu_{\Delta}$  (für  $\Delta B = 100$  G) rd. 20% niedriger als bei 50 Hz. Untersucht

wurden die besten und schlechtesten Bleche einer Charge. Die in vielen Zahlentafeln niedergelegten Meßergebnisse geben die notwendigen Unterlagen für die Berechnung von Glättungsrosseln in Telephon- und Verstärkeranlagen. Es wird gezeigt, daß die reziproke, scheinbare Permeabilität eines magnetischen Kreises (mit einem, den besonderen Bedingungen der Wechsellagerung bei einem polarisierenden Feld angepaßten optimalen Luftspalt) in Beziehung gebracht werden kann zu der scheinbaren polarisierenden MMK mit Hilfe einer empirischen Gleichung.

N. F. Astbury, T. Emmerson, J. McFarlane berichten über betriebsmäßige Prüfeinrichtungen für Trafobleche. Für die laufende Ausführung von Serienmessungen bei der Qualitätsüberwachung von Trafoblechen müssen alle unnötigen Zeitverluste, wie sie z. B. durch Ausschlagmethoden, Rechenschieberoperationen, Korrektortabellen usw. entstehen, weitgehend vermieden werden. Die Blechstreifen werden in einem magnetischen Kreis nach Lloyd-Fischer geprüft, bei dem die Verluste in den Ecken genau berechnet werden können; diese Anordnung ist sogar für kurze Blechstreifen mit magnetischer Vorzugslage geeignet. Die Verluste werden nach einer Wattmeter-Nullmethode gemessen, bei der die Verluste in der Probe durch die in einem gleichstromdurchflossenen bekannten Widerstand auftretenden Verluste kompensiert werden. Das Instrument wird periodisch alle 1...2 s an den Brückenkreis gelegt, so daß keine Dauerausschläge auftreten, sondern nur dauernde Zeigerbewegungen, die den Nullabgleich erleichtern. Die Arbeit des Prüfers beschränkt sich auf die Einstellung der Grunddaten (Probenabmessungen, Gewichte, maximale Induktion) und auf 4 Nullabgleiche.

C. E. Richards, S. E. Buckley, P. R. Bardell, A. C. Lynch geben eine Übersicht über Herstellung, Eigenschaften und Prüfmethode von Pulverkernen für die Fernmeldetechnik. Von den Herstellungsmethoden werden besprochen: 1. Mechanische Zerkleinerung mit Hametag- und Kugelmühlen, 2. Reduzierung von Oxyden, 3. Karbonylverfahren, 4. galvanische Verfahren, von den Kernherstellungsverfahren solche für Kerne mit hohem und mit niederem Preßdruck. An Prüfmethode werden erwähnt verschiedene Arten von Brücken und Permeametern für Frequenzen bis  $10^8$  Hz. Eine Tabelle gibt für eine Reihe von Werkstoffen vom Eisenpulverkern bis zu den Ferritkernen die magnetischen Eigenschaften: Anfangspermeabilität, Hysterese, Wirbelstrom- und Nachwirkungskoeffizienten.

D. Polder berichtet über elektrische und magnetische Eigenschaften von Ferriten bei verschiedenen Frequenzen. Es werden behandelt: Physikalische Grundlagen, Herstellungsverfahren, Anwendungsmöglichkeiten, elektrische und magnetische Meßverfahren bis zu Frequenzen ins Mikrowellengebiet ( $10^{10}$  Hz).

K. E. Latimer und H. B. Macdonald geben eine Übersicht über die Eigenschaften und die Anwendungsgebiete von Ferriten, insbesondere MnZn-Ferriten in Filterspulen, HF-Trafos, Trägerfrequenztrafos, HF-Breitbandtrafos, magnetischen Verstärkern, Pupinspulen, Radioübertragern u. a.

Nm

## Verschiedenes

DK 62 : 51

**Ein Ingenieur über die Mathematik.** [Nach E. S. Lee: Electr. Engng. 69 (1950) S. 492; 3½ S.]

Diese Ansprache, die Präsident Lee vor dem Nationalen Kongreß der Mathematikler gehalten hat, ist ein begeisterter und begeisterndes Bekenntnis zur Mathematik<sup>1</sup>. Ihre Begriffsbildungen — so führt er aus — sind nicht nur für den Aufgabenkreis des Naturwissenschaftlers oder Ingenieurs von Bedeutung, sondern für jedes Arbeitsgebiet schlechthin. Dabei spricht Lee aus einer Erfahrung, die sich auf langjährige Zusammenarbeit mit großen Industrielaboratorien gründet. Überall wird Mathematik gebraucht, vom Addieren beim Einkauf im Kolonialwarenladen bis zu den kompliziertesten Berechnungen bei theoretischer Forschungsarbeit, und ein Schüler oder Student, der nicht zur Mathematik neigt oder sie für „schwer“ hält, brauchte nur einen Blick auf ihre Anwendungen zu werfen, um die Notwendigkeit zu erkennen, sich mit ihr zu beschäftigen. Dabei sollten aber von vornherein die mathematische Theorie und ihre An-

wendung in allen Zweigen der Naturwissenschaft nicht getrennt, sondern organisch miteinander verbunden dargestellt und gelehrt werden. Dann wird die Mathematik niemals trocken erscheinen, dann wird jeder Student von sich aus mehr und mehr dazu geführt werden, sein rein mathematisches Wissen weiterzutreiben. Von selbst werden sich dabei die Geister trennen: Einerseits die praktisch Veranlagten, für die stets die Anwendung im Vordergrund steht, und aus denen sich die späteren Ingenieure rekrutieren werden, und andererseits die mehr zu theoretischen Überlegungen Neigenden, die man später in den Forschungs- und Entwicklungslaboratorien wiederfindet. Beide sind notwendig, und beide Richtungen im Unterricht zu fördern und zu pflegen ist die große, schöne und verantwortungsvolle Aufgabe aller Lehrer der Mathematik. Weit über dieses engere Ziel hinaus aber birgt die Mathematik ethische Werte, die in der Klarheit ihrer Denkgesetze und in dem Wunder ihrer Anwendbarkeit auf das Naturgeschehen zum Ausdruck kommen.

Untrennbar sind mit unserem täglichen Leben Technik und Naturwissenschaft und damit Mathematik verbunden. Auto, Telephon und Kino, Wasserleitung und elektrisches Licht, unsere Häuser und Straßen, kurz alles, was uns umgibt, spiegelt eine Entwicklung wider, in der die Mathematik als tragender Pfeiler steht, und nicht nur Naturwissenschaftler und Ingenieure sind die Menschen, die sie brauchen, und in deren Denkweise sie wirkt, sondern weiterhin Juristen, Mediziner, Politiker usw. In diesem weiten Feld hat derjenige, der die Mathematik lehren darf, einen der wichtigsten, verantwortungsvollsten und dankbarsten Posten.

In weitgespanntem Bogen zeigt Lee die Bedeutung der Mathematik in der technischen und naturwissenschaftlichen Praxis. Von der einfachen Algebra, Trigonometrie, Differential- und Integralrechnung, die jeder Normalingenieur beherrschen muß, bis zu höheren Funktionen und konformen Abbildungen, Tensorsymbolik und Matrizen-Kalkül, Laplace-Transformation und Operatorenrechnung weist er die Anwendungen auf, und weder Gasturbine noch Flugzeug mit Überschallgeschwindigkeit, weder Fernsehen noch Radar hätten ohne höhere und höchste Mathematik entstehen können. Zu ihr und allen ihren Folgerungen hält der Lehrer der Mathematik den Schlüssel in der Hand, und in dem großen Gemälde unserer Lebensform, wie es Lee entwickelt, kommt ihm einer der schönsten und fruchtbarsten Plätze zu.

Es wäre für deutsche Verhältnisse wünschenswert, daß eine solche positive Einstellung zur Mathematik, wie sie hier ein maßgebender und erfolgreicher Ingenieur zeigt, auch bei uns nicht nur in der allgemeinen Wertschätzung und bei den Lehrern selbst bestünde, sondern daß sie ebenso in den Lehrplänen vom Elementarunterricht bis zur Hochschule ihren Niederschlag fände.

Gl

## Kurznachrichten

**Photoelektrische Flächenmessung.** — Man kann unregelmäßige Flächen, z. B. Lederhäute, sehr schnell photoelektrisch ausmessen: Eine Mattglasscheibe wird gleichmäßig ausgeleuchtet und von einer Photozelle überwacht. Wird auf die Mattscheibe eine lichtundurchlässige Haut aufgelegt, sinkt der Photostrom proportional zur bedeckten Fläche, die an einem entspr. geeichten Instrument sofort abgelesen werden kann<sup>1</sup>.

nk

**AEG-Hauptverwaltung in neuem Gebäude.** — Die AEG beabsichtigt, ihren geistigen und verwaltungsmäßigen Mittelpunkt stets in Berlin zu belassen. Deshalb hat sie ihrer Hauptverwaltung, deren Haus dem Krieg zum Opfer gefallen war, in Grunewald, Hohenzollerndamm 150, ein neues Gebäude geschaffen, das kürzlich im Beisein namhafter offizieller Vertreter seiner Bestimmung übergeben wurde.

H

**Neue Schallplattenfirma.** — Die beiden Schallplattenhersteller Telefunken und Decca (London) haben sich zu gemeinsamer Plattenfertigung in der „Teldec“ zusammengeschlossen. Die Schallplatten werden weiterhin unter den Bezeichnungen „Telefunken“ und „Decca“ verkauft. Hamburg ist der Sitz der neuen Gesellschaft, deren Verwaltungsrat deutsche und englische Herren angehören.

Fi

<sup>1</sup> Vgl. a. S. 42 dieses Heftes.

<sup>1</sup> Wireless Wld. (1950) S. 3.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,

Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Betr.: Außerkräftsetzung von VDE 0183/IV.42

VDE 0183/IV.42 „Werkstoffeinsparung bei Abzweigungen“ wurde als Einführungsschrift zur Ergänzung des § 14 „Stromsicherungen“ der Kriegs-Vorschriften VDE 0100 K/X.42 herausgegeben. Durch das Außerkräfttreten der Kriegsvorschriften nach Beendigung des Krieges und durch Übernahme wichtiger Bestimmungen aus VDE 0183 in die heute gültige Fassung VDE 0100/VIII.44 ist ein Weiterbestehen von VDE 0183 nicht mehr gerechtfertigt. Der Vorstand des VDE hat daher VDE 0183 ab 1. Februar 1951 für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

##### Betr.: VDE 0530 d/2.51, 5. Änderung von VDE 0530

Infolge eines nachträglich eingegangenen wichtigen Einspruches müssen die §§ 15 und 22 entgegen der Bekanntmachung in der ETZ 72 (1951) H. 1, S. 31 ihren Wortlaut gemäß VDE 0530/VI. 41 einstweilen behalten und der VDE-Kommission „Elektrische Maschinen“ erneut zur Bearbeitung vorgelegt werden.

##### Betr.: VDE 0100 U „Übergangsvorschriften und Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V“

Gemäß der vom Vorstand des VDE genehmigten Neufassung von VDE 0250/1.51 „Vorschriften für isolierte Starkstromleitungen“ ist in VDE 0100 U folgendes zu ändern:

- a) In § 15 h) ist „NLH- und NSA-“ durch „NLG-“ zu ersetzen, da von den Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Geräte nur die Type NLG mit 0,5 mm<sup>2</sup> Kupferleiter-Querschnitt ausgeführt wird.
- b) § 18 b) ist zu streichen, da als kleinster Kupferleiter-Querschnitt bei NLH- und NSA-Leitungen 0,75 mm<sup>2</sup> und nicht 0,5 mm<sup>2</sup> zugelassen ist.
- c) In §§ 19 a), 21 a) und 31 b) sind die Hinweise auf VDE 0283 zu streichen.
- d) In § 31 b) sind die Worte „und zwar NGM für Gleich- und Wechselstrom, NYM vorerst nur für Wechselstrom“ zu streichen, da Mantelleitungen vom Typ NYM, die VDE 0250/1.51 entsprechen, in feuchten Räumen nunmehr auch in Gleichstromanlagen verwendet werden dürfen.

Die so geänderte, ab 1. Februar 1951 gültige Fassung von VDE 0100 U erhält die Bezeichnung VDE 0100 U/2.51. Sie ist vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, und von dessen Zweigniederlassung Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, zu beziehen.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

#### DNA-VDE-Arbeitsausschuß „Elektrische Prüfverfahren für Isolierstoffe“

Der Arbeitsausschuß hat unter dem Vorsitz von Dr. Würstlin, Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigs-hafen/Rh., kürzlich 4 Arbeitsgruppen für folgende Teilgebiete eingesetzt:

1. Widerstandsmessungen mit Gleichstrom (Vorsitz: Dr. Umminger, Chemische Werke Hüls)
  2. Dielektrische Messungen (Vorsitz: Dr. Roelig, Bayerwerke, Leverkusen)
  3. Durchschlagsmessungen (Vorsitz: Dr. Strigel, Siemens-Schuckertwerke, Nürnberg)
  4. Kriechstromfestigkeit (Vorsitz: Dipl.-Ing. Suhr, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg)
- Diese Arbeitsgruppen beabsichtigen, Vorarbeiten für eine Neufassung von VDE 0303 „Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen“ durchzuführen und bitten hierzu um

• Siehe Bekanntmachung in ETZ 72 (1951) H. 1, S. 31.

Anregungen und Beiträge, die über die VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden können.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

### SITZUNGSKALENDER

- VDE-Bezirk Hansa, Hamburg**, Hbg. 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48  
25. 1. 51, 17.00, Museum f. Völkerkunde: „Selektivschutz“, Obering. Neugebauer, Erlangen.
- ETG Hannover**, Bischofsholer Damm 70  
23. 1. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Moderne Wege im Funkwesen“, Dr. Zetzmann, Berlin.
- VDE-Bezirk Kurpfalz, Mannheim**, Mnhm.-Feudenheim, Körnerstr. 33  
17. 1. 51, 17.30, Gewerbeschule Mannh. C 6: „Die industrielle Anwendung der Strahlungserwärmung (Infrarot)“, Dipl.-Ing. Kaufmann.
- ETV München**, Mnchn. 2, Blumenstr. 28  
8. 2. 51, 17.30, Vortragssaal 2 d. dt. Museums: „Eindrücke von einer Studienfahrt durch die USA“, Dipl.-Ing. W. Pietzsch, München.
- VDE-Bezirk Bergisch Land, Stützpunkt Solingen**, Sign., Kullerstr. 34  
19. 1. 51, 20.00, August-Dicke-Schule, Schützenstr.: „Moderne Elektro-Isolierstoffe“, Dr. Hesse, Troisdorf.

### PERSÖNLICHES

**H. Hasse.** — Im Zuge der Übertragung seiner Geschäftsanteile der VDE-Verlag GmbH. an den VDE trat Herr Dr.-Ing. Hans Hasse am 31. 12. 50 als Geschäftsführer aus dem VDE-Verlag aus.

**F. Lauster.** — Zum weiteren alleinzeichnungsberechtigten Geschäftsführer der VDE-Verlag GmbH. wurde Herr Dr. Franz Lauster, Generalsekretär des VDE, bestellt.

**Hochschulnachrichten.** — Die T. H. Aachen erteilte Prof. Dr.-Ing. Harald Müller in Essen vom W.-S. 1950/51 ab einen Lehrauftrag für „Elektrowärme“.

### Briefe an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

#### Die Umwandlung der Einphasenlast in symmetrische Drehstromlast

Zu dem Aufsatz von Herrn W. Bader in ETZ 71 (1950) S. 302 bemerke ich, daß dort bei den Schrifttumsangaben einschlägige Vorarbeiten übersehen worden sind. Es seien hier von erwähnt ein Aufsatz von P. Glebow über „Umwandlung von Einphasenstrom in Drehstrom und umgekehrt“, ETZ 55 (1934) S. 513, sowie eine Arbeit des Unterzeichneten über „Bedingungen und Leistungsbilanz bei der Umwandlung von Einphasenstrom in symmetrischen Drehstrom und umgekehrt“ im Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 40. In dem letztgenannten Aufsatz habe ich bereits die Wirkungsweise von Schaltmitteln zur Umwandlung der einen in die andere Stromart, insbesondere ihr Verhalten als Speicher für den schwingenden Anteil der Leistung dargelegt. Grundsätzlich wurden dabei auch die Leistungsbilanz sowie die Bedingungen behandelt, denen die dort angeführten Schaltmittel besonders bei veränderlicher Last entsprechen müssen.

Die über diesen Sachverhalt hinausgehenden Feststellungen des Herrn Bader, insbesondere die in seinem Aufsatz aufgestellte Bedingung für die Verwendung verlustloser Schaltmittel in Hilfsnetzwerken bleiben von den obigen Feststellungen unberührt.

Dortmund, 12. Okt. 1950

P. Werners

#### Erwiderung.

Ich bedauere, daß der mit sorgfältiger Schrifttums-Nachschau beauftragte Herr den schon nach seinem Titel unverkennbar einschlägigen Aufsatz des Herrn Dr. P. Werners und ebenso den des Herrn Glebow übersehen hat, und ich danke für den wertvollen Hinweis. Die Schaltung des Herrn Werners ist, allerdings nach Gl. (8) seines Aufsatzes nur für Phasenwinkel  $\varphi$  des Drehstromverbrauchers oder -erzeugers im Bereiche  $+60^\circ \leq \varphi \leq +240^\circ$  brauchbar; insbesondere fällt der zusätzlich einzufügende Zweipol nur an den Grenzen  $60^\circ$  und  $240^\circ$  verlustfrei aus. Hierbei bedeutet der nicht im Bereiche liegende Phasenwinkel  $\varphi = 0$  symmetrische, rein ohmsche Leistungsaufnahme des Drehstromnetzes.

Ich wollte mit meinem Aufsatz der in der Fernmelde-technik schon recht erfolgreich angewandten synthetischen

Schaltungstheorie ein neues Anwendungsgebiet erschließen. Während man nämlich bisher von einer bestimmten, gefühlsmäßig oder auf Grund physikalischer Überlegung angesetzten Schaltung ausging, die man, falls sie überhaupt brauchbar gewählt war, durch passende Bemessung ihrer Teile den gestellten Forderungen gefügig machte, kann man auch auf Grund allgemeiner Sätze eine oder mehrere noch unbekannt Schaltungen ermitteln, welche die ihnen auferlegten Eigenschaften streng verwirklichen. Der Vorteil dieses Verfahrens beruht nicht nur in einer befriedigenden Methodik, vielmehr findet man zunächst im allgemeinen eine große Zahl äquivalenter Lösungen, von denen man die für den Sonderzweck besonders geeignete auswählen kann. So wird z. B. nach Bild 4 (in dem übrigens die mittlere Verbindung zu dem als großes Rechteck gezeichneten Drehstromverbraucher fehlt) oder nach Bild 6 meines Aufsatzes eine bestehende Anlage allein durch eine zwischen einer Klemme und einer Transformatoranzapfung eingefügte Kapazität bzw. durch eine Kapazität und eine Induktivität symmetriert. Weiterhin kann man entgegen den bisher vorgebrachten Lösungen neben der Symmetrie noch bei gegebener Einphasenlast die Blindbelastung des Drehstromnetzes frei vorschreiben und dafür sorgen, daß die gesamte Scheinleistung in den möglichst verlustfreien Zusatzzweipolen ein Minimum wird.

Es sei mir erlaubt, auf die folgenden beiden Druckfehler hinzuweisen, die in meinem Aufsatz trotz Korrektur stehen geblieben sind:

	falsch	richtig
S. 303, vor Gl. (8)	$Re \mathcal{M}_1 e^{i2\pi}$	$Re \mathcal{M}_1 e^{i2\tau}$
S. 305, nach Bild 8	$\varphi_{1m}$	$\varphi_1$

Stuttgart, 25. Nov. 1950

W. Bader

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 512.85 (022.3)

**Matrizen.** Eine Darstellung f. Ingenieure. Von R. Zurmühl. Mit 427 u. XV S., 25 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 25,50.

Der Elektrotechniker hat als Grundform in den meisten seiner Rechnungen die lineare Beziehung zwischen Strom und Spannung, wie sie auch für sinusförmigen Wechselstrom in der symbolischen Zeigerrechnung zum Ausdruck kommt. Sind nun mehrere Ströme oder Spannungen miteinander verknüpft, wie z. B. bei Drehstromleitungen oder vermaschten Netzen, so treten an die Stelle einfacher linearer Beziehungen Systeme linearer Beziehungen. Solche Systeme lassen sich in besonders einfacher Weise mit Hilfe von Matrizen berechnen. Wenn die Matrizenrechnung sich trotzdem in der Praxis des deutschen Elektrotechnikers fast gar nicht eingeführt hat — in den USA ist sie viel stärker verbreitet —, so liegt das sicher mit daran, daß eine für den Ingenieur leicht faßbare und doch mathematisch einwandfreie und umfassende Darstellung fehlte. Dem Verfasser ist es weitgehend gelungen, eine solche zu schaffen. Außer einiger Kenntnis der Determinantenrechnung setzt er nur elementare Dinge voraus. Zahlreiche eingestreute Rechenbeispiele erhöhen das Verständnis der Ausführungen. Der Rahmen des Buches ist wohl etwas weiter gefaßt, als es nach dem augenblicklichen Stand der Technik für den Elektrotechniker notwendig wäre. Aber es schadet sicher nicht, über die Grenzen des jetzt Notwendigen hinauszugehen. Außer den allgemeinen Ausführungen über Matrizen werden insbesondere die allgemeine Auflösung linearer Gleichungssysteme sowie einige Anwendungen in der Elektrotechnik, in der Schwingungstechnik, in der Ausgleichsrechnung und bei der Auflösung linearer Systeme von Differentialgleichungen 1. Ordnung gebracht. Bei den Beispielen für die Anwendung der Matrizenrechnung in der Elektrotechnik handelt es sich um den Dreiphasentransformator, um Drehstromsysteme mit symmetrischen Komponenten und um einige Beziehungen in der Vierpoltheorie. Der Verfasser weist darauf hin, daß durch sachlich unhaltbare Vorstellungen von dem Wesen der Strom- und Spannungsmatrizen die Einführung der Matrizenrechnung in die Elektrotechnik sehr erschwert worden sei.

Das gründliche Durcharbeiten des Buches dürfte für den Elektrotechniker von Gewinn sein, wenn er das Wesen der Matrizenrechnung und ihre Möglichkeiten klar erkennen will.

H. Lau

DK 517.51 (083.4)

**Integraltafeln.** Von Dr.-Ing. W. Meyer zur Capellen. Mit 292 u. VIII S., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 36,—

Hier wird eine Auswahl von rund 3000 unbestimmten Integralen und ihren Lösungen in übersichtlicher, systematischer Zusammenstellung gebracht. Die Formeln sind ausschließlich nach dem Gesichtspunkt des praktischen Gebrauches eingeteilt, d. h. der Benutzer soll möglichst schnell das gesuchte Integral finden. Neben den Integralen algebraischer und denen der elementaren transzendenten Funktionen werden auch solche algebraischer Funktionen, die auf elliptische Integrale führen, gebracht. Am Schluß des Buches findet sich eine übersichtliche Zusammenstellung einiger wichtiger Konstanten, Reihen und nicht elementarer Funktionen. Das Buch ist vor allem Naturwissenschaftlern, Ingenieuren und Mathematikern der angewandten Richtung ein unentbehrlicher Helfer zur Lösung ihrer Aufgabe, aber auch dem Studierenden ist es bestens als Beispielsammlung zu empfehlen.

E. Kluss

DK 513.8 : 512.99

**Tensoranalysis.** II. Teil der Grundzüge der Tensorrechnung in analytischer Darstellung. Von A. Duschek u. A. Hochrainer. Mit 338 u. VII S., 64 B., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 24,80.

Die Tensoranalysis, d. h. diejenige Disziplin der Tensorrechnung, die sich mit der Differentiation und Integration veränderlicher Tensoren beschäftigt, erstreckt sich, wie sie in diesem Buch behandelt wird, auf zwei ziemlich scharf getrennte Gebiete. Das eine ist die Differentialgeometrie, die die Theorie der Kurven und Flächen des euklidischen Raumes sowie die Grundbegriffe der Riemannschen Geometrie umfaßt, d. h. die Geometrie in gekrümmten Räumen. Das andere ist die Theorie der Felder, die zugleich eine Einführung in die Potentialtheorie und ihre Randwertaufgaben darstellt. Für den Elektrotechniker ist gerade letztere von besonderem Interesse, da sie das mathematische Rüstzeug für die gesamte Maxwell'sche Theorie liefert, die wiederum die Grundlage der Elektrotechnik bildet.

Den Verfassern ist es durch ihre systematische Darstellungsweise wie in Teil I<sup>1</sup> gelungen, die Schönheit und innere Geschlossenheit dieses mathematischen Gebäudes aufzuzeigen und zudem auf verhältnismäßig kleinem Raum bis zur Riemannschen Geometrie, dem begrifflich schwierigsten Problem der Tensoranalysis, vorzudringen. Leider ließ es sich dabei nicht vermeiden, die Anwendung der Tensoranalysis auf Physik und Technik vollständig von den rein mathematischen Kapiteln abzutrennen und dafür einen dritten Band vorzusehen. Dadurch wird es dem Studierenden, und hauptsächlich dem Studierenden der technischen Wissenschaften, manchmal schwer fallen, einzusehen, wozu er diese ganze Mathematik brauchen kann. Didaktisch wäre es daher besser gewesen, die rein mathematischen Kapitel mit Anwendungen aus Physik und Technik zu durchsetzen. Auch hätte dadurch die Darstellung noch etwas an Lebendigkeit gewonnen.

Zu erwähnen ist noch, daß diesmal im Gegensatz zu Teil I die Aufgaben mit Lösungen angegeben werden. Außerdem werden die Lösungen von Teil I nachgeholt. Dadurch wird der Wert der Aufgabensammlung beträchtlich erhöht. Wie in Teil I benutzen die Verfasser auch hier konsequent die Komponentendarstellung der Tensoren und erwähnen die anschaulichere, symbolische Darstellung der Tensoranalysis immer nur am Rande. Alles in allem kann gesagt werden, für den Kenner ist es ein Genuß, dieses Buch zu lesen dagegen wird es dem Lernenden manche Schwierigkeit bereiten.

K. Wildermuth

DK 531.2/3 (022.4)

**Statik und Dynamik.** Von Dr.-Ing. Theodor Pöschel. 3. umg. Aufl. Mit 257 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949.

Die vorliegende 3. Auflage des bekannten Buches ist durch Verbesserungen und Zusätze zu einem zuverlässigen Führer für Studierende und Ingenieure beim Erlernen und Anwenden der Statik und Dynamik geworden. Die Lehrsätze und ihre Geltungsbereiche sind mit großer Sorgfalt formuliert; zahlreiche Beispiele und Anweisungen zeigen ihre Anwendung zur Lösung praktischer Aufgaben. Um den

<sup>1</sup> Besprechung: ETZ 70 (1949) S. 450.



Bedürfnissen des Hochschulunterrichtes gerecht zu werden, hält das Buch an der althergebrachten Einteilung des Stoffes in Statik, Kinematik und Dynamik fest. Es bringt nach der Darstellung der Statik des festen Körpers mit ihren wichtigsten Anwendungen und der Dynamik der Punktmassen einen sehr guten Abschnitt über die Kinematik des starren Körpers. Anschließend wird seine Dynamik aus den Begriffen Arbeit, Leistung und Wucht entwickelt, womit dem Einfühlungsvermögen der Ingenieure in glücklicher Weise Rechnung getragen ist.

E. Pohlhausen

DK 53 (022.3)

**Physik.** Ein Lehrbuch von W. Westphal. 14. u. 15. Aufl. Mit XII u. 758 S., 650 B., Format 16×25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 29,70.

Die Neuauflage des bekannten Lehrbuches der Physik weist umfassende Erweiterungen und Neufassungen auf, insbesondere der Kapitel: Relativitätstheorie, Kernphysik, Astrophysik und Physik des Weltalls, wo die jüngsten Fortschritte der Forschung weitgehend berücksichtigt sind. Doch finden sich Erweiterungen und neue Abbildungen in fast allen Kapiteln.

Das neubearbeitete Kapitel 8 bringt neben der speziellen Relativitätstheorie Betrachtungen zur relativistischen Elektrodynamik (Minkowski) und zur allgemeinen Relativitätstheorie (Einsteins Theorie der Gravitation). Im Kapitel Kernphysik und Ultrastrahlung erhält der Leser eine knappe Darstellung der experimentellen Forschungsergebnisse, die durch eindrucksvolle Abbildungen an Wirkung gewinnt. Dabei werden sowohl aktuelle Probleme der Atomenergie (Kernreaktionen, Kernspaltung, Gewinnung von Plutonium) als auch theoretische Probleme (Theorie der Kernkräfte, der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung sowie der Neutrinotheorie) diskutiert. Das letzte Kapitel Astrophysik und Physik des Weltalls liefert eine kurze Darstellung der grundlegenden Tatsachen der Astrophysik und der Kosmologie. Hier wird z. B. auf die den Energiehaushalt der Sterne bestimmenden Kernreaktionen (Bethe-Prozeß), die Entstehung der Novae und Supernovae sowie auf Probleme der interstellaren Materie näher eingegangen. In der Kosmologie werden die einschlägigen Beobachtungsergebnisse an den außer-galaktischen Nebeln dargestellt und insbesondere wird die neue Theorie der Entstehung des Weltalls von P. Jordan erläutert.

Das Studium der Neuauflage ist nicht nur dem jungen Physikstudenten wärmstens zu empfehlen, sondern auch dem an den modernen Grundlagenproblemen der Physik interessierten Leser benachbarter Fachgebiete. Die Ansprüche an das mathematische Wissen des Lesers gehen nicht über den Rahmen der Schulmathematik hinaus. Durch die Erörterung auch offener Probleme der physikalischen Forschung gewinnt der Leser einen starken Eindruck von der Problematik und dem Geist der modernen Physik. Die Darstellung ist in vielerlei Hinsicht als glücklich zu betrachten. — In einem Anhang wird die Frage „Wer soll Physik studieren“ erörtert. In Fußnoten sind die Lebensdaten von etwa 400 Physikern mitgeteilt.

M. Kohler

DK 550.85 (022.3)

**Grundzüge der angewandten Geoelektrik.** Von V. Fritsch. Mit 412 u. VIII S., 408 B., Format 15×23 cm. Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien 1949. Preis kart. DM 44,—, geb. DM 47,50.

Das Buch gibt eine umfassende Übersicht über die elektrischen Verfahren, mit denen man den Aufbau und die Schichtung des Untergrundes untersuchen kann; aber auch technische Fragen, wie die Baugrunduntersuchung und die Blitzforschung werden behandelt. Es werden nur allgemeine physikalische Kenntnisse vorausgesetzt; mathematische Entwicklungen werden auf das Notwendigste beschränkt. Leicht lesbare Abbildungen — zu einem großen Teil Schaltungsskizzen — erleichtern das Verständnis. In ihrer großen Zahl kommt die Vielfältigkeit der geoelektrischen Verfahren sinnfällig zum Ausdruck. Beispiele aus der Praxis lassen die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten erkennen. Wertvoll ist das sehr ausführliche Literaturverzeichnis. Da es an einer neuzeitlichen, zusammenfassenden Darstellung der Geoelektrik gefehlt hat, ist das Erscheinen des vorliegenden Werkes besonders zu begrüßen. Inhalt: Der geologische Leiter. — Allgemeines über die geoelektrischen Meßverfahren. — Die Gleichstromverfahren. — Die Verfahren mit nieder- und mittelfrequenter Wechselstrom. — Die Hochfrequenzverfahren (Funkmutung). — Messung und Auswertung. — Physikalische Voraussetzungen für die Auswertung der Widerstandsmes-

sungen. — Einige praktische Anwendungen. — Anhang (Einfache Berechnung der Zweischichtkurven). — Literatur. K. Jung

DK 621.39.013.78 (022.4)

**Die elektromagnetische Schirmung i. d. Fernmelde- und Hochfrequenztechnik.** Von H. Kadern. (Bd. 10 d. Reihe Technische Physik in Einzeldarstellungen.) Mit 274 u. VIII S., 145 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg; J. F. Bergmann, München 1950. Preis kart. DM 38.—

Mannigfaltige Arten von Abschirmungsproblemen haben besonders in der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik eine überragende Bedeutung gewonnen. Wer sich mit solchen Fragen zu beschäftigen hatte, war auf eine mühsame Sammlung und Sichtung der zahlreichen im in- und ausländischen Schrifttum auf diesem Gebiet vorhandenen Arbeiten angewiesen. Weite Fachkreise werden daher dankbar begrüßen, daß der durch langjährige Erfahrungen in einem namhaften Industrielaboratorium mit diesen Problemen vertraute Verfasser sich zur Herausgabe einer zusammenfassenden Darstellung entschlossen hat.

Der erste umfangreichere Teil behandelt die Abschirmung magnetischer Störfelder. Die Aufgabe lautet, gewisse Teile eines felderfüllten Raumes gegen die Nachbarschaft durch metallische Hüllen abzuschirmen. Zunächst werden homogene Platten-, Zylinder- und Kugelschirme im Wechselfeld untersucht, wobei auch die Leitungskonstanten von Doppelleitungen und Stammlösungen von Sternvierern berücksichtigt sind. Auf Zylinder- und Kugelfunktionen kann dabei nicht verzichtet werden, ihre wesentlichsten Eigenschaften sind am Schluß des Buches zusammengestellt. Nach einem Abschnitt über metallisch gekapselte Spulen folgen theoretische und praktische Betrachtungen über mehrschichtige Schirme aus verschiedenen Metallen, darunter Eisen. Technische Schirme sind nicht immer homogen, sondern enthalten oft Fugen oder Spalten in der Wandung. Fällt die Richtung des Störfeldes oder einer seiner Komponenten mit der Richtung der Fugenebene zusammen, so überlagert sich dem Störfeld im abgeschirmten Raum ein Verzerrungsfeld. Dieses Feld wird für Zylinderschirme mit axialen und zirkularen Fugen sowie für zweiteilige Kugelhüllen unter der Annahme berechnet, daß der Übergangswiderstand in der Fuge unendlich ist. Ferner werden der Durchgriff elektrischer und magnetischer Felder durch Löcher und der Umgriff um den Rand offener Schirme behandelt. Ein Abschnitt ist den Gitterschirmen gewidmet. Der zweite Teil des Buches beschäftigt sich mit der Schirmung gegen Störströme. Hierbei wird besonders auf den Kopplungswiderstand und das Nebensprechen zwischen Leitungen verschiedener Anordnungen eingegangen.

Das Buch bringt viele bisher noch unveröffentlichte Ergebnisse. Es wendet sich in erster Linie an den wissenschaftlich arbeitenden Ingenieur. Aber auch dem mathematisch nicht so geschulten Fernmeldetechniker werden durch die zahlreich eingestreuten Beispiele der Praxis sowie durch ein reichhaltiges Kurvenmaterial wertvolle Unterlagen über Abschirmungsfragen an die Hand gegeben. Für die Kabeltechnik ist das Buch deshalb wertvoll, weil die angegebenen Berechnungsverfahren in vielen Fällen die Ausführung zeitraubender Messungen an kostspieligen Kabellängen ersparen. Mit der auch in Druck und Ausstattung wohl gelungenen Neuerscheinung wird eine fühlbare Lücke geschlossen.

P. Jacottet

DK 620.9 : 621.317.0 (022.3)

**Preis- und Tariffragen der Energieversorgung.** Hrsg. vom Energiewirtschaftlichen Institut a. d. Univ. Köln. Mit 248 S., Format 15,5×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis kart. DM. 14,80.

Die 2. Arbeitstagung des energiewirtschaftlichen Institutes, deren Vorträge und Ergebnisse das Buch enthält, — auch vom Ausland wiederum dankbar begrüßt — diente diesmal der Frage der Energiepreisbildung. Es geht darum, einen theoretisch wie praktisch möglichst einwandfreien Verteilungsschlüssel für die Energie zu finden, wobei die Suche nach einer gesicherten eigenen Verrechnungsgrundlage zu erkennen ist. Eine Reihe von anerkannten Fachleuten des In- und Auslandes kommt hier mit theoretischen und praktischen Vorschlägen zu Worte.

Volkswirtschaftlich wird immer der Preis der bessere sein, der eine enge Verbindung mit dem Kostenverlauf auf-

weist. Für die endgültige Preisbildung hat neben das Kostenprinzip jedoch das Wertprinzip zu treten, das den anlegbaren Preis, also den Ausdruck der Wertschätzung und Kaufkraft des Abnehmers berücksichtigt. Auf dieser Ebene ergeben sich preispolitische Auseinandersetzungen zwischen Strom und Gas, insbesondere hinsichtlich der Wärmeanwendung, bei der das Gas seine Stellung gegenüber der vordringenden Elektrowärme zu behaupten, ja sogar zu erweitern versucht. Zweifel an der Kostenechtheit der Elektrizitätstarife scheinen ebensowenig begründet, wie die an einer volkswirtschaftlich richtigen Investition für Stromwärme und am Erreichen eines notwendigen Belastungsausgleichs. Dagegen wird die vom Gas geforderte zweischneigige Versorgung (Gas und Strom zugleich) zumal in weniger dicht besiedelten Gebieten einen unwirtschaftlich hohen Aufwand bedeuten.

Einer gerechten Preisfindung soll weiter nach Wehberg die Gemeinkostentragfähigkeit einzelner Sorten (Abnehmer, Abnehmergruppen, Anwendungsgebiet der Energie) dienen. Wenn auch die Forderung nach einer einfachen, verständlichen, stabilen und einheitlichen Preisgestaltung erhoben wird, so müssen doch mehr als bisher die Überlegungen auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut werden. Daß in bezug auf die Versorgung mit elektrischer Energie der zweiteilige Tarif einer gerechten Preisbildung am nächsten kommt, wird nicht mehr bestritten, jedoch sind die Bezugsgrößen verschieden. Neben dem Installations- und Spitzenanteil wird auf Raumgrößen und nach sozialpolitischen Gesichtspunkten auch auf Haussteuern u. a. m. bezogen.

Die Broschüre wird über den Kreis derer empfohlen, die sich mit der Strompreisgestaltung zu befassen haben.

W. Z w a n z i g e r

DK 621.3 (030)

**Wörterbuch der Elektrotechnik.** Englisch-Deutsch. Von G. Swoboda u. R. Filipowsky. Mit 312 u. VIII S., Format 10×15,5 cm. Manzsche Verlagsbuchhandlung, Wien 1948. Preis kart. DM 13,60, geb. DM 16,80.

Nach dem Wortlaut der Verfasser will das Buch außer der eigentlichen Elektrotechnik, bei der vorzugsweise die Fernmelde- und Funktechnik einschließlich des Fernsehens, berücksichtigt ist, auch die Grenzgebiete der Elektrotechnik mit erfassen. Das Buch umfaßt außer den reinen Übersetzungsangaben noch grammatische Angaben für die deutschen Bezeichnungen in einfacher Form. Es wird insgesamt schätzungsweise 15 000 zusammengesetzte und einfache Ausdrücke enthalten.

Kleinere Schönheitsfehler tun dem Wert des Buches, das besonders auf dem Gebiet der Funk- und Fernsehtechnik recht vielseitig ist, keinen allzu großen Abbruch. So fiel z. B. auf, daß „wattmeter“ vor „wattage“ und allen anderen Zusammensetzungen von „watt“ bis „wattless“ rangiert. Der Benutzer wird es auch als Mangel empfinden, daß zwar gelegentlich Maßeinheiten im Text mit den Umrechnungszahlen angegeben sind, daß sie aber an anderen Stellen fehlen und auch nicht vollständig sind. Z. B. fehlt die sichere wichtige British Thermal Unit ebenso wie die Board of Trade Unit, und bei dem elektrotechnisch so wichtigen circular mil die Umrechnungskonstante. Bei dem großen Umfang des Wortmaterials ist es unvermeidlich, daß gelegentlich die Übersetzung nicht ganz treffend ist. Z. B. ist ein charge resistance furnace kein Speicherwiderstandsofen, sondern ein Widerstandsofen, bei dem das Einsatzmaterial stromdurchfließen ist. Solche kleinen Ausstellungen mindern aber kaum den Wert eines solchen Wörterbuches in einer Zeit, in der man für die Berichterstattung, selbst über viele deutsche Arbeiten aus den letzten 10 Jahren, auf die englische Literatur angewiesen ist.

H. F. S c h w e n k h a g e n

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Patronato „Juan de la Cierva“ de investigation Tecnica.** Hrsq. Consejo superior de investigatio nes cientificas. Mit 40 S., zahlr. B., Format 25,5×21 cm. Madrid 1950.

[Die Juan de la Cierva-Stiftung ist eine Gründung mit der Aufgabe, unabhängig von anderen Instituten in Spanien der technisch-wissenschaftlichen Forschung zu dienen. Die Stiftung verfügt über zahlreiche, über das ganze Land verstreute Institute und berichtet in dem vorliegenden Heft an Hand vieler Bilder über ihre Arbeiten und Einrichtungen.]

**Spulen.** Von Heinrich Nottebrock (Teil III v. „Bauelemente der Nachrichtentechnik“ i. d. Frequenz-Bücherei). Mit 268 S., 150 B. Format DIN A 5. Preis kart. DM 12,—.

**Radio-Praktiker-Bücherei.** Format 11,5×17,5 cm. Franzis-Verlag München 1950. Preis je Heft DM 0,90. Heft 4: UKW-Empfang mit Zusatzgeräten. Von H. G. Mende. Mit 63 S., 16 B., 9 Taf. Heft 11: Mikrophone. Von F. Kühne. Mit 62 S., 38 B., 2 Taf. Heft 15: Moderne Zweikreis-Empfänger. Von H. Sutaner. Mit 62 S., 43 B. Heft 18: Radio-Röhren. Von H. G. Mende. Mit 127 S., 65 B. Heft 20: Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern. Von A. Renardy. Mit 62 S., 16 B.

**Kolbenmaschinen.** Von Prof. Dr.-Ing. habil. Alfred Oppitz. Mit 253 S., 193 B., Format 13×20 cm. Carl Winter Universitätsverlag, Heidelberg 1950. Preis kart. DM 11,10, geb. DM 12,90.

**Advances in Electronics.** Bd. I. Hrsq. L. Marton. Mit 475 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15,5×23 cm. Academic Press Inc., New York 1948. Preis Glw. US \$ 9,—. Bezug durch Minerva GmbH., Frankfurt a. M. Wormserstr. 21.

**Advances in Electronics.** Bd. II. Hrsq. L. Marton. Mit 378 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15,5×23 cm. Academic Press Inc., New York 1950. Preis Glw. US \$ 7,60. Bezug durch Minerva GmbH., Frankfurt a. M. Wormserstr. 21.

**Elektrotechnische Lehrbücher.** Von Gustav Haberland. Format DIN A 5, kartoniert. Fachbuchverlag, Leipzig 1950. Bd. I: Gleichstromtechn. Mit 112 S., 115 B., Preis DM 3,00. Bd. II: Magnetismus u. Wechselstromtechnik. Mit 184 S., 202 B., Preis DM 4,20. Bd. III: Gleichstrommaschinen. Mit 140 S., 122 B., Preis DM 3,50. Bd. IV: Wechselstrommaschinen. Mit 206 S., 215 B., Preis DM 5,20.

**Grundlagen der Rundfunkstörung.** Von Prof. Dr.-Ing. Friedrich Benz. Mit 89 S., 37 B., 2 Taf., Format DIN A 5. Dipl.-Ing. Rud. Böhm — Industrie- u. Fach-Verlag, Wien 1949. Preis kart. DM 3,20.

**Physik dünner Schichten.** Teil I: Herstellung, Dickenmessung, optische Eigenschaften. Von Prof. Herbert Mayer. (Bd. 4 v. Physik und Technik.) Mit 326 S., 142 B., 39 Taf., Format 17×24 cm. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH., Stuttgart 1950. Preis Glw. DM 34,—.

**Einführung in die Nachrichtentechnik.** Von Prof. Dr. R. Feldtkeller u. Dr.-Ing. G. Dossé. (Die Ingenieurwissenschaften, Bd. VII.) Mit 143 S., 204 B., Format 16,5×24 cm. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1950. Preis Glw. DM 11,—, kart. DM 9,50.

**Feststellung und Beseitigung von Fehlern an elektr. Maschinen, Transformatoren und Geräten.** Von Karl Muttersbach. 4. Aufl. (Bd. I d. Elektro-Bücherei). Mit 156 S., 90 B., Format DIN A 5. Frankfurt-er Fachverlag, Frankfurt a. M. Preis kart. DM 4,80, Glw. DM 6,—.

**Lexikon für technische Gummiwaren.** Mit 697 S., zahlr. B. u. Taf., Format 17×25 cm. Hrsq. Continental Gummi-Werke AG., Hannover 1950.

**Die Ortskurventheorie der Wechselstromtechnik.** Von Günther Oberdorfer. 2. Aufl. Mit 100 S., 64 B., 9 Taf., Format 16×24 cm. Verlag Franz Deuticke, Wien 1950. Preis kart. DM 15,—.

**Misure Elettriche di Laboratorio.** (Bd. II von Misure Elettriche.) Von Prof. Ing. Angelo Barbagelata. Mit 370 S., mit zahlr. B. Format 17×24 cm. Libreria Editrice Politecnica Cesare Tamburini, Mailand 1951. Preis kart. L. it. 3000,—.

**Brennkraftmaschinen.** Von Prof. Dr.-Ing. E. Oehler. Mit 166 S., 154 B., Format DIN A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Hw. DM 12,80.

**Karte der Hochspannungsleitungen in den vier Besatzungszonen Deutschlands.** Hrsq. Arbeitsgemeinschaft der Landesverbände der Elektrizitätswerke (AdEW). 4 Blatt, je 70×90 cm. Maßstab 1:500 000. Vertrieb Richard Schwarz KG., Landkartenverlag, Frankfurt a. M. 1950. Preis zusammen mit Leitungs- und Kraftwerksverzeichnis DM 48,—.

**Die Technik der Fehlersuche in elektrischen Anlagen.** Von Max Blöthner. Mit 168 S., 80 B., zahlreichen Taf., Format DIN A 5. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle a. S. 1951. Preis kart. DM 5,90, geb. DM 7,10.

**Metallische Überzüge.** Von Eugen Werner (Folge 4/5 d. Werkstattkniffe). 4. erw. Aufl. Mit 182 S., 82 B., 6 Taf., Format DIN A 5. Carl Hanser Verlag, München 1950. Preis kart. DM 6,80.

**Fachrechnen für Elektriker** (Teil IV A d. Fachkunde für Elektriker) Von W. Blatzheim. 12. Aufl. Mit 106 S., 32 B., Format DIN A 5. Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, Frankfurt a. M., Stuttgart 1950. Preis kart. DM 3,40.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 3 (1950) Heft 12.** Inhalt: J. Lennertz, Anrufwiederholung bei Fernplätzen; G. Hässler, Frequenzmodulation für drahtgebundene Übertragung; O. Zinke, Breitbandantennen und Resonanzkreise mit einfacher und doppelter Kompensation; C. J. Boers, Detektorschaltungen für Frequenzmodulationsempfang; W. Kroebe, Das Rauschen von unipolaren Leitern; W. Menzel, Arbeitsgemeinschaft Ionosphäre.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. A. Grün, Konstanz, Sonnentauweg 58  
Obering. H. Heinzelmann, Köln-Riehl, Am Botanischen Garten 7  
Prof. Dr.-Ing. H. Kothler, Köln, Alteburger Wall 31  
Dipl.-Ing. K. H. Kyser, Berlin-Halensee, Auguste-Viktoria-Str. 2  
K. Müller-Lübeck, Berlin-Wilmersdorf, Weitzlarerstr. 12  
W. M. H. Schulte, Berlin-Charlottenburg, Mommsenstr. 14  
Dr.-Ing. O. Vent, Essen, Zweigertstr. 32

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Farbendruckfabriken Bayer, Leverkusen, bei.

Abschluß des Heftes: 3. Januar 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler (für den Inhalt verantwortlich) und K. A. Egerer. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377 08.  
Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 98 748.  
Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.  
Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.  
Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj.), einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj.) zuzügl. Zustellgebühr.  
Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.



# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. Februar 1951

Heft 3

## Die Sammelverbindungen im Fernschreibverkehr

Von E. Roßberg, Berlin

DK 621.394.341

**Übersicht.** Einer der Vorzüge der Fernschreibmaschine besteht darin, daß von einem Sender aus an beliebig viele Empfänger über beliebig weite Entfernungen gleichzeitig dieselbe Nachricht gegeben werden kann. Dabei brauchen an den Empfangsstellen keine Bedienungspersonen beim Einlaufen der Nachricht anwesend zu sein. Die praktische Auswertung dieses Vorzuges und die technischen Hilfsmittel zur Durchführung dieser Art von Nachrichtenbeförderung haben sich im Laufe der Zeit immer weiter entwickelt. Vor- und Nachteile der verschiedenen Sammelschaltungen werden kurz erläutert.

Im Fernschreibbetrieb bezeichnet man Verbindungen, über die von einem Sender aus die gleiche Nachricht an beliebig viele Empfänger gegeben wird, als Sammelverbindungen. Sie werden je nach Betriebsart in Rundschreibverbindungen und in Konferenzverbindungen unterteilt. In einer Rundschreibverbindung gibt ein bestimmter Sender die Nachrichten gleichzeitig an alle Empfänger, die aber nicht antworten oder rückfragen können. In einer Konferenzschaltung kann jeder Teilnehmer Nachrichten an alle übrigen Teilnehmer zugleich senden.

Es gibt Ringverbindungen, bei denen eine Telegraphenleitung alle beteiligten Teilnehmerstellen miteinander verbindet, Sternverbindungen, bei denen von einem zentralen Punkt aus sternförmig Leitungen an alle angeschlossenen Teilnehmerstellen geführt sind, und Maschennetze, bei denen das Leitungsnetz zwischen den einzelnen Fernschreibstellen maschenförmig ausgebildet ist.

### Ringleitungsverbindung

Die einfachste Form einer Sammelverbindung ist die Ringleitungsschaltung (Bild 1), wobei alle Sender und alle Empfänger der miteinander verbundenen Fernschreibmaschinen in Reihe geschaltet sind. Wenn einer der Sender  $S_1 \dots S_5$ , und zwar gleichgültig welcher, Zeichen sendet, wird der in der Ringleitung fließende Telegraphierstrom von meist 40 mA impulsweise unterbrochen und alle in der Ringleitung liegenden Empfänger  $E_1 \dots E_5$  werden gleichzeitig gesteuert. Die Motoren der Fernschreibmaschinen werden bei Beginn einer Sendung durch den Sender gleichzeitig eingeschaltet und etwa 30 s nach Empfang des letzten Telegraphierzeichens selbsttätig ausgeschaltet.

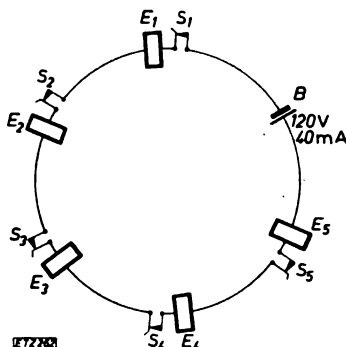


Bild 1. Ringleitung.

Eine solche Ringleitungsschaltung ist einfach aufgebaut und einfach zu bedienen, hat aber nur eine geringe Reichweite. Bei einer höchstzulässigen Betriebsspannung von 120 V auf den meist verfügbaren Kabeladern des Fernsprechnetzes ist die Reichweite auf etwa 20 km begrenzt. Außerdem können wegen der Verzerrung der Zeichen durch die Selbstinduktion der Empfangsmagnete praktisch höchstens 5 Fernschreibmaschinen in eine Ringleitung geschaltet werden.

Fernschreibverbindungen über Ringleitungen werden wegen ihrer hohen Betriebssicherheit und der leichten Kon-

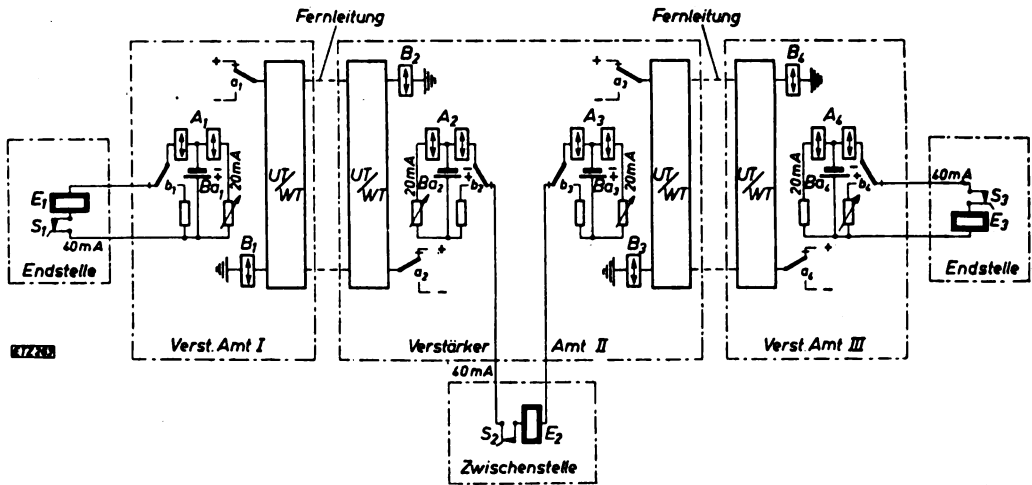


Bild 2. Zwischenstellenschaltung.

trolle der Leitungen bevorzugt verwendet bei Feuerwehren und Polizeistellen, teilweise auch im Pressedienst, sofern sich dieser auf Stadtverkehr beschränkt.

### Zwischenstellenverbindung

Will man eine ähnliche Betriebsweise wie bei der Ringleitungsschaltung auch für den Fernverkehr anwenden, so benutzt man die in Bild 2 dargestellte Zwischenstellenschaltung. Hier können für die zwischen den einzelnen Fernschreibmaschinen liegenden Leitungsabschnitte Telegraphenkanäle üblicher Bauart, z. B. UT- oder WT-Kanäle vorgesehen werden. In dem gezeigten Beispiel sind zwei Endstellen ( $E_1/S_1$ ,  $E_3/S_3$ ) und nur eine Zwischenstelle ( $E_2/S_2$ ) vorhanden. In der Praxis sieht man höchstens 2 Zwischenstellen vor, um Zeichenverzerrungen durch die Selbstinduktion der Empfänger zu vermeiden. Die Telegraphierzeichen werden auf folgende Weise übertragen. Der Sender  $S_1$  steuert durch seine Telegraphierzeichen über Relais  $A_1$  im Verstärkeramt I, über die Fernleitung (UT/WT) zum Amt II und über Relais  $B_2$  den Empfänger  $E_2$  in der Zwischenstelle. In Reihe mit dem Empfänger liegt das Relais  $A_3$ , das die Zeichen über die Fernleitung zum Amt III und über Relais  $B_4$  auf den Empfänger  $E_3$  in der Endstelle weitergibt. Ähnlich geht die Übertragung in umgekehrter Richtung vor sich, wobei die Empfänger  $E_2$  und  $E_1$  gleichzeitig gesteuert werden. Sendet der in der Zwischenstelle liegende Sender  $S_2$ , so steuert er gleichzeitig über die Relais  $A_2$ ,  $A_3$  und die Fernleitungen zu den Verstärkerämtern I und III die Empfänger  $E_1$  und  $E_3$  der Endstellen.

Der technische Unterschied zwischen dieser Betriebsart und der Ringleitungsverbindung besteht im wesentlichen in der Verwendung von Fernleitungen zwischen den einzelnen Betriebsstellen. Ein Nachteil der Zwischenstellenschaltung ist, daß bei irgend einer Störung im Leitungsweg die gesamte Anlage außer Betrieb kommt. Jede Leitungsunterbrechung an irgend einer Stelle führt zum Durchlaufen aller Empfänger. Die Gefahr wächst mit den Leitungslängen und der Zahl der Unterteilungen.

Die Zwischenstellenschaltung wurde im Pressedienst, bei Flugsicherungsanlagen, im Wetterdienst, bei Großbanken mit mehreren Filialen in Provinzstädten sowie bei Industriekonzernen verwendet.

**Konferenzschaltung**

Die anfangs viel benutzten Ringleitungs- und Zwischenstellenschaltungen wurden im Laufe der Entwicklung vielfach durch die Konferenzschaltung ersetzt. Diese vermeidet die erwähnten Nachteile der älteren Einrichtungen und ist besser für Vermittlungsanlagen geeignet. Die Relais für eine Konferenzverbindung werden in einem Konferenzrahmen zusammengefaßt, von dem aus die Leitungen strahlenförmig zu beliebig vielen Teilnehmern über unbegrenzte Entfernungen geführt werden können, ohne daß die Zeichenübertragung schlechter wird. Die Bedienungsperson einer Handvermittlungsanlage kann mit Hilfe des Konferenzrahmens eine Sammelverbindung zwischen beliebig ausgewählten Teilnehmern herstellen, indem sie die Stöpsel der Anschlußleitungen des Rahmens am Vermittlungsschrank in die Klinken der betreffenden Teilnehmer steckt.

Die grundsätzliche Wirkungsweise der Konferenzschaltung ist in Bild 3 dargestellt. Die 5 Fernschreibteilnehmer  $S_1/E_1 \dots S_5/E_5$  sind über Ruhestrom-Ortsleitungen oder Fernleitungen (Teilnehmer 5) an den Konferenzrahmen angeschlossen. Für jeden der Konferenzteilnehmer ist im Konferenzrahmen ein Relaisatz mit den beiden Telegraphenrelais A und B und dem Hilfsrelais H vorgesehen. Die Wicklungen der Telegraphenrelais  $B_1 \dots B_5$  sind unter Zwischenschaltung von Kontakten der A- und H-Relais mit einer gemeinsamen Sammelleitung verbunden, die im Ruhezustand stromlos ist. Die Relaisanker  $b_1 \dots b_5$  liegen dann in der gezeichneten Trennlage und in den Teilnehmerleitungen fließt ein Ruhestrom von 40 mA über die Empfangsmagnete  $E_1 \dots E_5$  der Fernschreibmaschinen.

Sendet nun z. B. der Teilnehmer 3, so unterbricht sein Sendekontakt  $s_3$  den Ruhestrom im Rhythmus der gesendeten Telegraphierzeichen. Im gleichen Takt legt das Telegraphenrelais  $A_3$  im Konferenzrahmen seinen Anker  $a_3$  um und verbindet bei jedem Anschlag an den Zeichenkontakt die Sammelleitung über Hilfsrelais  $H_3$  mit —B. Dadurch erhalten die an der Sammelleitung parallel liegenden Telegraphenrelais  $B_1, B_2, B_4$  und  $B_5$  Zeichenstrom, während  $B_3$  durch den  $h_3$ -Kontakt abgetrennt wird. Ein weiterer Kon-

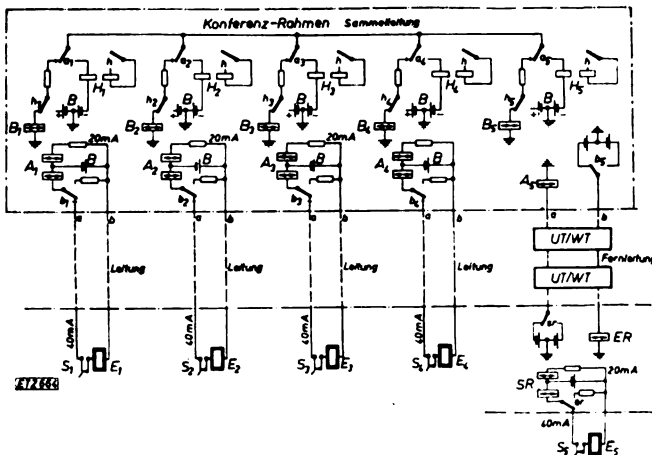


Bild 3. Konferenzschaltung.

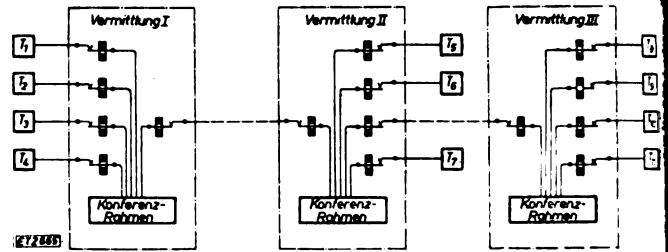


Bild 4. Konferenzverbindung über mehrere Vermittlungen.

takt des H-Relais schließt eine auf dem gleichen Relais untergebrachte zweite Wicklung kurz und verursacht dadurch eine Abfallverzögerung des  $H_3$ -Relais von etwa 200 ... 300 ms, so daß der  $h_3$ -Kontakt für die Dauer des Telegraphierzeichens umgelegt bleibt und den Trennkontakt  $a_3$  mit dem positiven Pol der Batterie verbindet. Die vom Sender  $S_3$  kommenden Einfachstromzeichen werden daher vom Anker  $a_3$  als Doppelstromzeichen auf die Relais  $B_1, B_2, B_4$  und  $B_5$  übertragen. Während einer Sendepause fällt Relais  $H_3$  wieder ab und schaltet Relais  $B_3$  auf die Sammelleitung zurück. Also kann jeder der 5 an den Konferenzrahmen angeschlossenen Teilnehmer immer an alle übrigen Teilnehmer Telegraphierzeichen senden. Sein eigener Empfänger wird hierbei durch die Reihenschaltung mit dem eigenen Sender gesteuert.

Man kann auch mehrere solcher Konferenzrahmen, die räumlich getrennt sein können, zusammenschalten und so die Konferenzschaltung auf beliebig viele Teilnehmeranschlüsse erweitern, indem man den nachfolgenden Konferenzrahmen an die Stelle eines Teilnehmeranschlusses schaltet. Auf diese Weise lassen sich beliebig große Ketten von Konferenzrahmen zusammenschalten. In Bild 4 ist eine derartige Zusammenschaltung über 3 verschiedene Vermittlungen hinweg schematisch dargestellt. Die Anschlußstöpsel der einzelnen Konferenzrahmen werden in die Klinken der Konferenzteilnehmer oder in eine Klinke der Verbindungsleitung zur Nachbarvermittlung gesteckt. Um mit Hilfe einer gewöhnlichen Verbindungsschnur einen anrufenden Teilnehmer auf Wunsch mit dem Konferenzrahmen verbinden zu können, ohne die Verbindungsschnur wechseln zu müssen, wird meist einer der Zugänge zu dem Konferenzrahmen auf eine Klinke des Vermittlungsschranks geführt. Da sich viele Fernschreibteilnehmer gelegentlich der Konferenzschaltung bedienen, sind die meisten Vermittlungsschränke von vornherein mit einem Konferenzanschluß für 5 Teilnehmer gebaut. Es gibt auch Vermittlungen, bei denen die Konferenzteilnehmer mit Hilfe von Tasten angeschaltet werden, die in besonderen Vermittlungsschränken eingebaut und mit den Klinken der Teilnehmer in Vielfachschaltung parallel verbunden sind.

Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß es schwierig ist, eine größere Anzahl von Teilnehmern eines Vermittlungsnetzes zeitweise zu einer Konferenzverbindung zusammenzubringen. Die Vorbereitung einer solchen Konferenzverbindung zu vielen Teilnehmern kostet erhebliche Zeit und belastet das Leitungsnetz. Es ist betrieblich vorteilhafter, Nachrichten an eine sehr große Teilnehmerzahl mittels Lochstreifen nacheinander über mehrere kleinere Konferenzgruppen mit etwa 10 Teilnehmern zu geben.

Ständig fest zusammenschaltete Konferenzverbindungen haben sich nicht bewährt, weil jede Unregelmäßigkeit im Netz den gesamten Verkehr beeinträchtigt. Konferenzschaltungen sind nur vorteilhaft, wenn an den Verzweigungspunkten Bedienungspersonen anwesend sind, die bei Störungen die betreffenden Leitungen abtrennen und so für einen glatten Verlauf der Konferenzverbindung sorgen.

Die Möglichkeit der Quittungsgabe seitens der einzelnen Teilnehmer nach Beendigung der Sendung wird vielfach als großer Vorteil der Konferenzverbindungen angesehen und bildet oft den Hauptgrund für ihre Anwendung.

### Rundschreibanlagen

Als Rundschreibverbindung wird eine Zusammenschaltung von Fernschreibmaschinen bezeichnet, bei der ein Sender eine große Anzahl von Empfängern gleichzeitig steuert, ohne daß diese Empfänger die Möglichkeit haben, sofort zu antworten. Die vom Sender S einer Fernschreibmaschine (Bild 5) gegebenen Telegraphierzeichen steuern in einem Rundschreibgestell ein Telegraphenrelais S, das die Zeichen an die Empfänger  $E_1 \dots E_5$  weitergibt. Die zu den Empfängern führenden Orts- oder Fernleitungen sind einzeln an das Rundschreibgestell herangeführt. Die Anzahl der anzuschließenden Empfänger ist nicht begrenzt. Bei großen Teilnehmerzahlen ist lediglich eine entsprechende Anzahl von Telegraphenrelais vorzusehen, damit die Relaiskontakte nicht überlastet werden. Um Leitungen zu sparen, kann man auch mehrere Rundschreibgestelle in Reihe über Fernleitungen zu einem Rundschreibnetz zusammenschalten.

Häufig werden solche Rundschreibnetze auch als Zusatz zu Handvermittlungsanlagen gebildet. Zur Durchgabe von Nachrichten an eine große Anzahl von Empfängern werden diese Empfänger über Tasten oder Schalter von der Handvermittlungsanlage vorübergehend abgeschaltet und mit dem Rundschreibgestell, auch Rundschreibrahmen genannt, verbunden. Mit diesem Rahmen können bis zu 30 Empfänger gleichzeitig gesteuert werden. Auf die sofortige Quittungsgabe durch die empfangenden Teilnehmer muß man bei Rundschreibanlagen verzichten. In Handvermittlungseinrichtungen hat man einen Ausweg dadurch gefunden, daß man die Rundschreibeinrichtung mit Quittungslampen ausrustet, die am Schluß der Nachricht auf Drücken einer Taste durch den empfangenden Teilnehmer aufleuchten. Teilnehmer, deren Lampen nicht leuchten, werden besonders abgefragt.

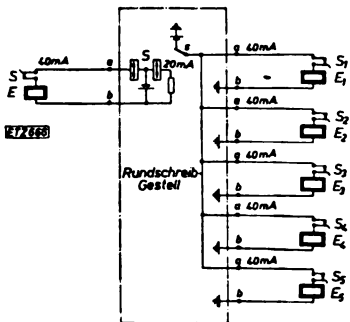


Bild 5. Rundschreibanlage.

Einfache Rundschreibanlagen (z. B. nach Bild 5) werden außer als Zusatz zu Vermittlungen auch im Behörden-dienst sowie in Nachrichtenbüros als fest geschaltete Fernschreibnetze benutzt. Sie haben den Nachteil, daß immer nur ein bestimmter Teilnehmer allein Nachrichten senden kann, während alle übrigen sich auf den Empfang beschränken müssen. Es gibt jedoch Betriebsorganisationen, wie z. B. der Wetternachrichtendienst, bei denen das Aussenden von Sammelnachrichten in das gleiche Netz von verschiedenen Orten aus möglich sein muß.

Auch in bezug auf Sicherheit sind solche einfachen Rundschreibnetze nicht vollkommen, da z. B. alle hinter einer Leitungsstörung liegenden Teilnehmer nicht empfangen können.

### Rundschreibanlagen mit Sendersucher

Um die oben aufgeführten Mängel der einfachen Rundschreibanlage zu vermeiden, wurde von Siemens & Halske für den Wetternachrichtendienst eine besondere Rundschreibanlage mit Sendersucher entwickelt. Das Prinzip dieses Systems ist in Bild 6 schematisch dargestellt. Die auf die verschiedenen Empfängerbezirke verteilten Rundschreibgestelle  $RG I, RG II, RG III$  sind über Fernleitungen so miteinander verbunden, daß jedes Rundschreibgestell mit jedem anderen über eine direkte Fernleitung verbunden ist (Maschennetz). Kein im voraus festgelegter Teilnehmer ist allein zum Sender bestimmt, vielmehr kann abwechselnd jeder beliebige Teilnehmer, z. B. die einzelnen Observatorien, oder eine ausgesuchte Gruppe von sendeberechtigten Teilnehmern je nach Bedarf an die Empfänger des Rundschreibnetzes Nachrichten senden. Die einzelnen Observatorien geben nacheinander ihre Meldungen nach einem festgelegten Zeitplan. Auch bei Falschbedienung kann immer nur ein Sen-

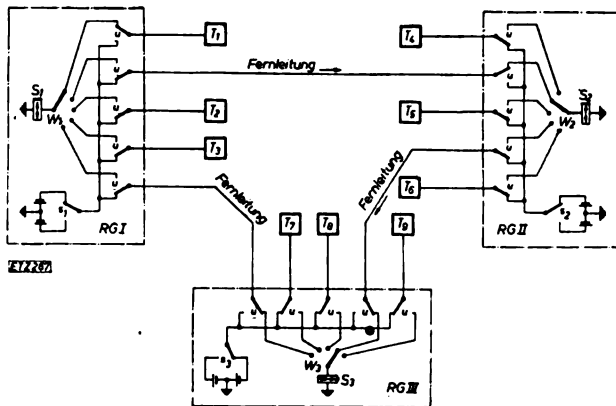


Bild 6. Rundschreibanlage mit Sendersucher (Maschennetz).

der Nachricht in das Netz geben. In dem dargestellten Beispiel ist gerade der Teilnehmer  $T_1$  des Rundschreibgestells  $RG I$  als Sender tätig. Er hat durch Drücken der Anruftaste in seinem Fernschaltgerät den als Sendersucher bezeichneten Wähler  $W_1$  veranlaßt, seine Arme auf die dem rufenden Teilnehmer zugeordneten Anschlußkontakte selbständig einzustellen, anschließend wurde über den Umschalter  $U$  das Senderrelais  $S_1$  mit der Teilnehmerleitung verbunden. Die von Sender  $T_1$  gegebenen Telegraphierzeichen steuern nun über das Senderrelais  $S_1$  die an das gleiche Rundschreibgestell angeschlossenen Empfänger  $T_2, T_3$ , die durch den Anrufimpuls über ihre Fernschaltgeräte eingeschaltet werden. Gleichzeitig wird über die beiden zu den Nachbargestellen  $RG II$  und  $RG III$  führenden Fernleitungen der vom Teilnehmer  $T_1$  ausgelöste Anruf an diese Gestelle weitergeleitet. Dort drehen die Wähler  $W_2$  und  $W_3$  ihre Arme ein, bis die Anschlußkontakte der rufenden Fernleitung erreicht sind. In dem vorliegenden Beispiel hat sich der Wähler  $W_2$  auf die von  $RG I$  kommende Fernleitung eingestellt und diese Fernleitung mit dem Senderrelais  $S_2$  verbunden. Gleichzeitig wird vom Rundschreibgestell  $RG II$  der Anruf über die Fernleitung zum Rundschreibgestell  $RG III$  weitergeleitet. Im Rundschreibgestell  $RG III$  sind also von 2 Seiten aus Anrufe angekommen. Das Senderrelais  $S_3$  wird mit der Fernleitung verbunden, deren Anschlußkontakte von den Wählerarmen  $W_3$  zuerst erreicht wurden; in dem gezeichneten Beispiel ist das die vom Rundschreibgestell  $RG II$  kommende Fernleitung.

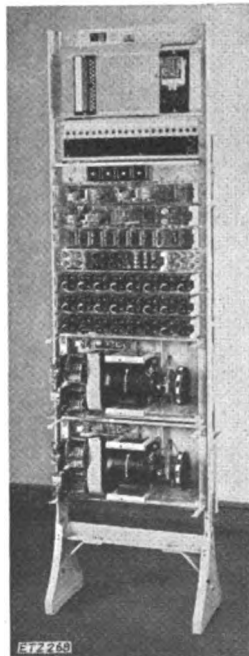


Bild 7. Gestell für Rundschreibanlage nach Bild 6.

Die vom Teilnehmer  $T_1$  eingeleitete Rundschreibverbindung verläuft über die Rundschreibgestelle  $RG I$  und  $RG II$  zum Rundschreibgestell  $RG III$ . Wäre zum Beispiel die Leitung vom  $RG II$  nach  $RG III$  unterbrochen, so würde das Rundschreibgestell  $RG III$  über die Fernleitung von  $RG I$  nach  $RG III$  in die Rundschreibverbindung eingeschaltet. Es ist also auch bei einer Leistungsunterbrechung möglich, über Umwege alle Teilnehmer zu erreichen.

Ein Rundschreibnetz nach diesem System mit mehreren hundert Teilnehmern, das von Siemens & Halske gebaut wurde, war während des letzten Krieges für den deutschen Wetterdienst im Betrieb. Es erstreckte sich über das gesamte mitteleuropäische Gebiet zwischen Bordeaux, Oslo, Charkow und Neapel. Einige Dutzend Wetterbeobachtungsstellen gaben fortlaufend nach einem festgelegten Zeitplan ihre Meldungen an alle Teilnehmer. Um bei den großen Entfernungen die Güte der Telegraphierzeichenübertragung sicherzu-

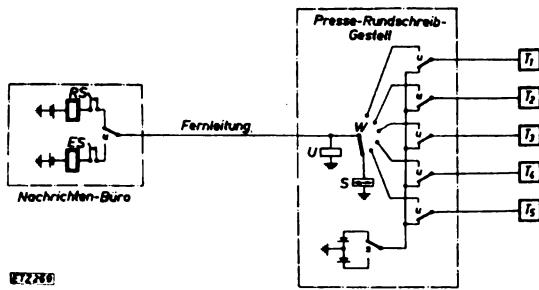


Bild 8. Rundschreibanlage für Pressedienst.

stellen, waren in den Rundschreibgestellen entzerrnde Übertrager eingebaut. Zur Vereinfachung des Betriebes waren die Rundschreibgestelle mit Hilfssendern ausgerüstet, die den jeweils sendenden Teilnehmer vor Beginn seiner Nachrichtensendung selbsttätig durch Kennbuchstaben den übrigen Empfängern anzeigten. Dadurch war der Ursprung jeder Nachricht einwandfrei nachzuprüfen, da der Teilnehmer selbst keine Möglichkeit hatte, das Aussenden dieser Kennbuchstaben zu verhindern oder zu ändern. Leitungsstörungen, die in einem so großen Netz ab und zu unvermeidlich sind, wurden sofort durch Signale angezeigt und die gestörten Leitungen selbsttätig vom Rundschreibnetz abgeschaltet. Nach Beheben der Störung wurden die Leitungen selbsttätig wieder in das Netz eingegliedert, ohne daß umfangreiche Telefongespräche zwischen dem Bedienungspersonal der einzelnen Zentralstellen notwendig wurden.

Die Rundschreibanlage für Wetterdienst mit Sendersuchern hat sich gut bewährt und war sehr betriebssicher. Nach dem Kriege haben verschiedene Nachrichtenbüros in ihrem Fernschreibnetz solche Rundschreibgestelle mit Sendersucher eingebaut. Ein Gestell für eine Rundschreibanlage mit Sendersucher, das mit entzerrenden Übertragern ausgerüstet ist, zeigt Bild 7.

**Rundschreibanlagen für Pressedienst**

Die Organisation der Nachrichtenbüros ist in der Regel so aufgebaut, daß eine zentrale Stelle die von überall gesammelten Nachrichten an die Zeitungsredaktionen verbreitet. Bestimmte Zeitungen sind nur an einem Teil der Meldungen interessiert, andererseits werden gewisse Nachrichten von allgemeinem Interesse von sämtlichen Zeitungen verlangt. Weiterhin kommt es vor, daß manche Zeitungen einen Teil der Nachrichten nicht empfangen konnten und diese nachfordern.

Diese Eigenarten des Pressedienstes sind bei der Entwicklung einer besonderen Rundschreibanlage für Pressedienst, wie sie in Bild 8 schematisch gezeigt ist, berücksichtigt worden. In der Betriebsstelle des Nachrichtenbüros ist der Sender RS für Rundschreibsendung und der Sender ES für Einzelsendung vorgesehen. Über einen Umschalter U wird jeweils einer der beiden Sender mit der Leitung zum Rundschreibgestell verbunden, an das die Leitungen für die Fernschreibmaschinen der Zeitungen angeschlossen sind. Die Anzahl der Teilnehmer und ihre Entfernungen untereinander sind nicht begrenzt. In dem Rundschreibgestell befinden sich ein Wähler W und eine Umschalteinrichtung U, die über die Fernleitung vom Nachrichtenbüro aus durch Umkehr der Stromrichtung gesteuert wird. Bei Rundschreibsendungen werden Telegraphierzeichen mit positivem Strom als Ruhestrom, bei Einzelsendung mit negativem Strom als Ruhestrom gegeben.

Im Betriebszustand „Rundschreiben“ sind die einzelnen Teilnehmerleitungen über Umschaltekontakte u parallel auf den Kontakt s des Telegraphenrelais S geschaltet, das über den in Grundstellung befindlichen Arm des Wählers W mit der Fernleitung verbunden ist. Das Relais S überträgt die vom Sender RS gegebenen Telegraphierzeichen wie bei einer normalen Rundschreibanlage. Das Ende der Rundschreibsendung wird den Empfangsstellen durch ein Klingensignal

mitgeteilt. Anschließend legt die Bedienungsperson in der Zentrale des Nachrichtenbüros den Umschalter U auf „Einzelsendung“ um, verbindet dadurch den Sender ES mit der Fernleitung und kehrt die Stromrichtung um. Im Rundschreibgestell schaltet daraufhin die Umschalteinrichtung U alle Teilnehmerleitungen auf die Kontaktlamellen des Wählers W um.

Das Rundschreibgestell arbeitet nun als Wählerzentrale. Drückt jetzt ein Teilnehmer die Anruftaste in seinem Fernschaltgerät, so dreht der Wähler W bis zu den Anschlußkontakten der rufenden Teilnehmerleitung ein und stellt so zwischen der Zentrale (ES) und dem rufenden Teilnehmer eine Einzelverbindung her. Diese kann in der Zentrale durch kurzzeitiges Umlegen des Umschalters U in die Stellung „Rundschreiben“ wieder aufgelöst werden.

In umgekehrter Richtung kann auch die Zentrale irgendeinen der Teilnehmer mit Hilfe der Wählscheibe an der Fernschreibmaschine ES auswählen. Der Wähler W arbeitet also je nach Anrufichtung als Anruftsucher oder als Leitungswähler. Weiterhin besteht für die Zentrale die Möglichkeit, durch bestimmte Einstellungen des Leitungswählers vorher festgelegte Gruppen von Teilnehmern auszuwählen, an die dann z. B. Sport- oder Börsennachrichten gegeben werden. Eine solche Anlage für Pressedienst, die nach dem geschilderten Prinzip arbeitet, wurde für ein Nachrichtenbüro gebaut. Die Zentrale in Frankfurt a. M. ist mit Rundschreibstellen in Düsseldorf, Hannover und Dortmund verbunden.

**Rundschreibplätze für TW-Ämter**

In den Wählerämtern für Fernschreib-Teilnehmerverkehr (TW-Ämter) werden Rundschreibeinrichtungen in Form von Vorschaltplätzen verwendet. Die für Rundschreibverbindungen vorgesehenen Teilnehmer werden über ein Bedienungspult, den Rundschreibplatz, zu einer Rundschreibverbindung zusammengeschaltet. Im Rundschreibplatz, der über Hilfsleitungen mit den Wählergestellen verbunden ist, sind für jeden Teilnehmeranschluß Bedienungstasten und Kontrolllampen vorgesehen. Für das Zusammenschalten einer Rundschreibverbindung werden weitgehend Teile des Vermittlungsamtes mitbenutzt. Jeder an das Vermittlungsamt angeschlossene Teilnehmer kann mit Hilfe des Rundschreibplatzes für eine Rundschreibverbindung herangezogen werden. Bild 9 zeigt schematisch die Anordnung eines Rundschreibplatzes. Die normalen Teilnehmeranschlüsse T<sub>1</sub>...T<sub>5</sub> können in der üblichen Weise über Vorwähler, Gruppenwähler und Leitungswähler miteinander verkehren. Vom Vorwähleranschluß jedes Teilnehmers führen Verbindungsleitungen zum Rundschreibplatz. Soll einer der Teilnehmer als Empfänger an eine Rundschreibverbindung angeschlossen werden, so wird die ihm zugeordnete Anstattaste AT im Rundschreibplatz niedergedrückt. Ist der Teilnehmeranschluß frei, wird er sofort auf die Sammelleitung des Rundschreibplatzes geschaltet. Ein besetzter Teilnehmeranschluß wird der Bedienung des Rundschreibplatzes durch Lampensignale angezeigt. Soll der Teilnehmer trotzdem

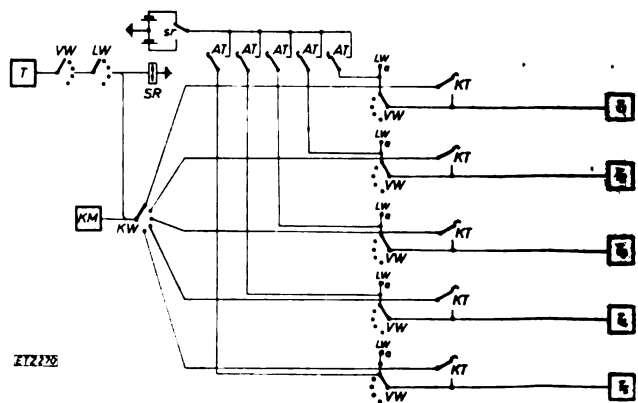


Bild 9. Rundschreibplatz für TW-Ämter.



Bild 10. Bedienungstisch eines Rundschreibplatzes.

möglichst bald an die Rundschreibverbindung angeschlossen werden, so wird die Kontrolltaste *KT* des betreffenden Teilnehmers gedrückt und so eine Verbindung vom Teilnehmer zur Abfragemaschine *KM* über den Kontrollwähler *KW* hergestellt, der seine Arme auf den Teilnehmeranschluß einstellt. Der besetzte Teilnehmer kann nun benachrichtigt werden, daß er für eine Rundschreibverbindung verlangt wird. Löst er trotzdem die bestehende Verbindung nicht auf, so kann dies die Bedienung des Rundschreibplatzes zwangsläufig tun.

Als Sender für eine Rundschreibverbindung kann jeder beliebige Teilnehmer des Fernschreib-Wähleramtes auftreten. Er wählt zu diesem Zweck den Anschluß des Rundschreibplatzes und gibt die gewünschten Teilnehmer an. Die Bedienungsperson des Rundschreibplatzes liest in der Regel den Anfang der Rundschreibnachricht mit, um sich zu überzeugen, daß die Sendung einwandfrei läuft, dann schaltet sie sich von der Verbindung ab. Nach Ende der Sendung gibt der sendende Teilnehmer durch Drücken der Schlußtaste an seinem Fernschaltgerät das Schlußzeichen, wodurch im Rundschreibplatz das Schlußzeichen erscheint. Auf dieses Signal hin tritt die Bedienung des Rundschreibplatzes wieder in die Verbindung ein, der sendende Teilnehmer meldet ihr das Ende der Sendung und verlangt die Quittungen für richtigen Empfang. Die Bedienungsperson schaltet ihre Abfragemaschine *KM* durch Niederdrücken der Tasten *KT* nacheinander auf die einzelnen Empfänger und löst den Namengeber der Empfängermaschine durch Drücken der „Wer Da“-Taste aus. Es kann aber auch jeder einzelne Teilnehmer von sich aus den Empfang durch Schreiben eines Quittungstextes bestätigen. Die von den Empfängern gegebenen Quittungstexte oder ihre Namengebertexte werden nacheinander von der Abfragemaschine *KM* des Rundschreibplatzes aufgeschrieben und gleichzeitig auf die Fernschreibmaschine des einberufenden Teilnehmers übertragen. Die Empfänger, die Quittung geleistet haben, werden beim Weiterschalten des Kontrollwählers *KW* auf den nächsten Teilnehmeranschluß automatisch abgeschaltet und sind wieder frei für andere Verbindungen. Nach der letzten Quittung löst die Bedienungsperson des Rundschreibplatzes auch die Verbindung zum einberufenden Teilnehmer wieder auf. Diesem wird in der Regel eine

Gebühr nach der Dauer der Verbindung und der Zahl der Teilnehmer berechnet.

Es ist technisch nicht schwierig, mehrere solcher Rundschreibplätze in verschiedenen Vermittlungsämtern zu einer gemeinsamen Rundschreibverbindung zusammenzuschalten. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Rundschreibplätze nacheinander von dem Rundschreibplatz angewählt, den der einberufende Teilnehmer zuerst angerufen hatte. Diese Rundschreibplätze stellen dann die Rundschreibverbindung mit den Teilnehmern ihres Bereiches zusammen und melden ihre Betriebsbereitschaft dem einberufenden Rundschreibplatz zurück. Auf diese Weise können Rundschreibverbindungen zusammengestellt werden, die sich über das ganze Fernschreibnetz eines Landes verteilen.

Auch Verbindungen zu einzelnen Teilnehmern anderer Vermittlungsstellen können vom Rundschreibplatz hergestellt werden. Diese Teilnehmer werden über sogenannte Fernleitungszusätze direkt angewählt und im übrigen wie die anderen Teilnehmer der Rundschreibverbindung behandelt. Im Fernschreibnetz der Dänischen Postverwaltung ist ein solcher Rundschreibplatz in jeder Vermittlung eingebaut. Besonders rege Benutzer sind Regierungsstellen, Polizei, Wetterdienst, Flugsicherung und Presse. Bild 10 zeigt den Bedienungstisch eines Rundschreibplatzes.

### Zusammenfassung

Die einfachen Ringleitungsverbindungen für Sammelschaltungen im Fernschreib-Ortsverkehr und die Zwischenstellenverbindungen für Fernverkehr lassen nur eine beschränkte Teilnehmerzahl zu. Sie wurden daher vielfach durch strahlenförmige Konferenzverbindungen für beliebige Teilnehmerzahlen ersetzt, die zudem die Möglichkeit der Quittungsgabe bieten. Häufig besteht die Notwendigkeit, Nachrichten von einer einzigen Sendestelle aus an eine größere Anzahl von Empfängern gleichzeitig zu übermitteln. Für diesen Zweck wurden sehr betriebssichere Schaltungen mit Sendesucher entwickelt, die es gestatten, nacheinander von jedem Teilnehmer Sammelnachrichten an alle übrigen Teilnehmer des Maschennetzes zu geben. Für die speziellen Erfordernisse des Pressedienstes wurden Sammelschaltungen geschaffen, mit deren Hilfe Sammelnachrichten an alle Teilnehmer des Netzes oder auch an ausgewählte Gruppen abgesetzt und auch einzelne Verbindungen zwischen Nachrichtenzentrale und einzelnen Teilnehmern in beiden Richtungen hergestellt werden können. Ebenso wurden für öffentliche Fernschreibnetze mit Teilnehmerwählverkehr Rundschreibeinrichtungen in Form von Vorschaltelplätzen in den selbsttätigen Vermittlungsämtern gebaut, die sich bestens bewährt haben.

Die ständige Weiterentwicklung des Fernschreib-Teilnehmerverkehrs wird auch den Sammelverbindungen einen größeren Anwendungsbereich sichern. Insbesondere werden die Zusatzeinrichtungen zu Fernschreib-Vermittlungsämtern, ähnlich dem zuletzt beschriebenen Rundschreibplatz für *TW*-Ämter, vermutlich eine größere Verbreitung finden. Daneben werden Rundschreibnetze für Wetterdienst und Pressedienst wegen ihrer außerordentlichen Bequemlichkeit und Betriebssicherheit weiterhin verwendet werden. Die in früherer Zeit häufig vorhandenen Fernschreibanlagen, bei denen die Teilnehmerstellen nur mit Fernschreibempfängern ohne Sender ausgerüstet waren, sind im Rückgang begriffen. Der praktische Betrieb hat gezeigt, daß es vorteilhaft ist, den an sich geringen Mehraufwand für den Sender in den Fernschreibmaschinen der Teilnehmer vorzusehen. Die Möglichkeit zum Rückfragen und auch zur örtlichen Prüfung der Maschine durch den eigenen Sender ist wertvoller als die relativ kleine Ersparnis durch den Wegfall des Senders.





wählen, daß die gesamte im Körper erzeugte Wärme ihn verlassen kann oder in ihm selber wieder vernichtet wird, also ein Dauerzustand möglich ist.

Beim ebenen Dipol werden nur 2 geradlinige, im Abstand  $D$  parallel zueinander verlaufende Energieträger (Quelle und Senke) vorausgesetzt. Die gleiche Energie  $q$  kcal/m h, die der erste in den unbegrenzt zu denkenden Körper schießt, nimmt der zweite vollständig wieder auf. An irgend einem Punkt  $A$ , Bild 1, der von beiden Trägern die Abstände  $c_1$  und  $c_2$  hat, stellt sich eine Temperatur  $t_A$  ein:

$$t_A - C = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln c_1 - \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln c_2 = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{c_1}{c_2}$$

$C$  ist hierbei eine Integrationskonstante. Längs der Symmetrieebene  $EE$  senkrecht auf der Ebene der Träger selbst ist  $c_1 = c_2$ , also  $t_A - C = 0$ . Rechnet man die Temperatur von der dort herrschenden aus als Übertemperatur  $\vartheta$ , so wird einfach:

$$\vartheta = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{c_1}{c_2} \quad (2)$$

Die Symmetrieebene ist also eine besondere Isotherme. Im allgemeinen Fall  $c_1 \neq c_2$  sind die Isothermen wieder Kreise, jedoch natürlich nicht mehr konzentrisch<sup>2</sup>. Lassen sich von einem ebenen Temperaturfeld zwei Kreise als Isothermen ansehen, so findet man auf dem Umweg über den Dipol die Lage der Wärmeträger. Angewendet auf das in der Tiefe  $H$  verlegte gerade Kabel vom Mantelhalbmesser  $r$  ist die eine Isotherme der zylindrische Mantel selbst, die andere die eben gedachte Erdoberfläche, wenigstens solange man annimmt, daß die Wärme ohne weiteres Temperaturgefälle an die Atmosphäre übergeht. Der zweite Pol  $P'$  ist gar nicht wirklich vorhanden, er kann als Spiegelbild von  $P$  betrachtet werden. Der Abstand  $D$  der beiden gedachten Wärmeträger wird dabei etwas kleiner als  $2H$ :

$$D = 2(H - v) \quad \text{mit} \quad v \approx \frac{r^2}{2H}$$

### 3. Einzelkabel

Im Fall des Wärmeausgleiches bei Kabeln kann man stets von dieser kleinen Verschiebung des gedachten Wärmeträgers aus der Kabelachse absehen. Eher muß man die Wärmeübertragung von der Erdoberfläche an die Atmosphäre durch einen Zuschlag zur Verlegungstiefe angenähert berücksichtigen. Ist Wärmeübergangszahl  $\alpha$  kcal/m<sup>2</sup>h °C und nimmt man vereinfachend an, die Wärme ströme durch diese Schicht wie durch eine planparallele Platte (d. h. ohne seitliche Ausbreitung), so läßt sich nach Bild 2  $a$  ersetzen durch  $\Delta H$ . Wählt man den Zahlenwert<sup>4</sup>  $\alpha = 20$  kcal/m<sup>2</sup>h °C, so wird die rechnerische Tiefe:

$$H' = H + \frac{\lambda}{20} \quad (3)$$

Für  $\lambda$  ist hierbei die Wärmeleitfähigkeit der Bodenart einzusetzen, in der das Kabel verlegt ist. In der Wirklichkeit ist die Voraussetzung überall gleicher Temperaturen von der Erdoberfläche bis zu den in Betracht kommenden Tiefen allerdings nicht exakt genug. Das natürliche Temperaturfeld der Erde bis in 3 m Tiefe und seine Veränderungen sind statistisch untersucht, eine lehrreiche Darstellung bringt

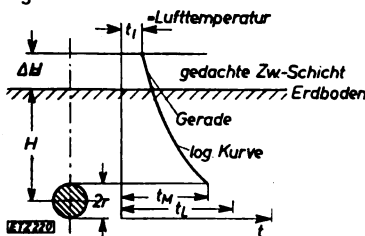


Bild 2. Temperaturfeld eines Einzelkabels.

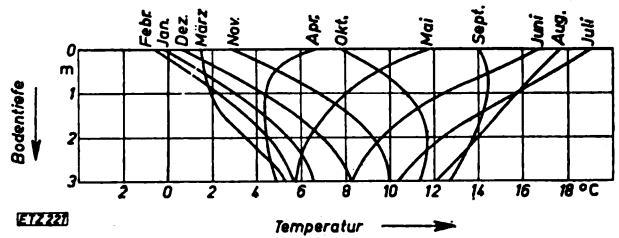


Bild 3. Temperatur des Erdbodens in verschiedenen Tiefen in den einzelnen Monaten (Messungen in Königsberg).

Bild 3<sup>5</sup>. Wenn man dieses Feld als in jedem Augenblick im Dauerzustand betrachtet, so darf man das des Kabels einfach überlagern. Nach dem Gesagten, Gl. (2) und (3), stellt sich dann auf dem Mantel eines einzelnen Kabels, dessen Manteldurchmesser  $2r_M$  ist, die Übertemperatur ein:

$$t_M - t_e = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{2H'}{r_M} = \frac{q}{2\pi\lambda M} \cdot \log \frac{2H'}{r_M} \quad (4)$$

wobei  $M$  der Modul der Briggschen Logarithmen und  $t_e$  die Temperatur des Erdbodens in der Verlegungstiefe bei außer Betrieb befindlichem Kabel ist. Besitzt das Kabel z Leiter vom Widerstand  $R$  [ $\Omega$ /m] und werden alle von gleich starken Strömen  $I$  [A] durchflossen, so ist die in den Kabelleitern entstehende Joulesche Wärme  $q = 0,86 z R I^2$  [kcal/mh].

### 4. Kabelband

Nun mögen in gleicher Tiefe  $H$  auf einer Seite des betrachteten Einzelkabels weitere  $h$  Kabel gleicher Ausführung im jeweiligen waagerechten Achsenabstand  $a$  parallel zueinander verlaufen (Bild 4). Die Ströme seien in allen Leitern gleich  $I$ . Zu jedem Kabel werde sein Spiegelbild eingetragen. Denkt man sich das erste Kabel, gekennzeichnet durch den Zeiger  $m$ , als gar nicht vorhanden, so senden  $h$  Dipole jeweils die Wärmemenge  $(q/-q)$  aus. Durch ihr Zusammenwirken stellt sich dort, wo Kabel  $m$  liegt, eine Übertemperatur  $\vartheta_{(1..h)}$  ein. Ohne nennenswerten Fehler darf man hier vereinfachend die Kabelquerschnitte vom Halbmesser  $r_M$  durch ihre Mittelpunkte ersetzen. Für die Dipole werden dann der Reihe nach die Abstände:

$a$  und  $\sqrt{(2H')^2 + a^2}$ ;  $2a$  und  $\sqrt{(2H')^2 + (2a)^2}$  usw., so daß:

$$\vartheta_{(1..h)} = \frac{q}{2\pi\lambda M} \left( \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + a^2}}{a} + \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + (2a)^2}}{2a} + \dots + \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + (ha)^2}}{ha} \right)$$

Nun braucht man nur noch die Manteltemperatur des Einzelkabels nach Gl. (4) zu überlagern:

$$t_M - t_e = \frac{q}{2\pi\lambda M} [N_E + N_B] \quad (5)$$

Hierin ist abkürzend gesetzt:

$$N_E = \log \frac{2H'}{r_M}; \quad N_B = 2 \left( \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{a}\right)^2} + \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{2a}\right)^2} + \dots + \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{ha}\right)^2} \right) \quad (6)$$

Jener Ausdruck, der nur vom Verhältnis  $r_M/H'$  abhängt, bestimmt die Manteltemperatur für das Einzelkabel, dieser dagegen, in dem der Parameter  $a/H'$  auftritt, gibt den

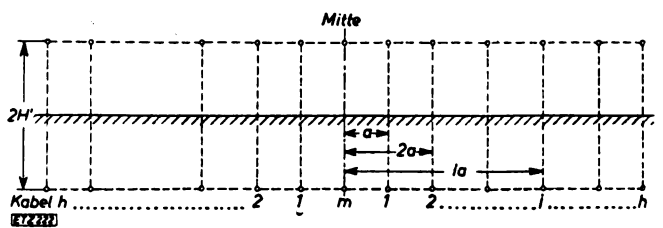


Bild 4. Querschnitt durch ein Band von  $n = 2h + 1$  Kabeln.

<sup>5</sup> Retzow: Elektrotechnik und Witterung, Verlag Jul. Springer.

<sup>2</sup> Zur weiteren Verdeutlichung sind in Bild 1 gestrichelt vier Feldlinien mit eingetragen, es sind übrigens auch Kreisbogen.  
<sup>3</sup> Mit den Maßen des später rechnerisch behandelten Drehstromkabels (Mantelhalbmesser  $r = 0,031$  m, Verlegungstiefe  $H = 0,7$  m) erhält man  $v \approx 0,0007$  m oder auch  $\frac{v}{r} \approx \frac{r}{2H} \approx 0,02$  (2%).  
<sup>4</sup> I. S. Cammerer: Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes, Verlag Jul. Springer.

# Zulässiger Dauerstrom für im Erdboden verlegte Kabel

Von O. Selbert, Gladbeck, und E. Kühn, Mannheim

DK 621.515.21.017.7

**Übersicht.** Das Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker legt in VDE 0255 für Kabeltypen mit genormten Leiterquerschnitten und gängiger Ausführung die Belastbarkeit in Ampere fest, die gewährleistet soll, daß im Dauerbetrieb mit Rücksicht auf Betriebssicherheit und Haltbarkeit gewisse Höchsttemperaturen im Kabelinneren nicht überschritten werden. Die Angaben beziehen sich zunächst nur auf das Einzelkabel, dann gibt aber eine besondere kleine Tabelle (Tafel 12) die „Strombelastbarkeit bei Häufung in Erde“ in Prozenten der des Einzelkabels. Aufgeführt sind nur Kabelzahlen bis herauf zu 10. Die vorliegende Arbeit geht auf die den Zahlen zugrunde liegenden Voraussetzungen ein und zeigt, wie unter geänderten Bedingungen, insbesondere für noch größere Kabelzahlen (bis 101), die zugehörige Belastbarkeit gefunden werden kann.

## 1. Einleitung

Die in den Vorschriften VDE 0255 festgelegten Belastungsangaben für Erdkabel gelten für ganz bestimmte Voraussetzungen, die naturgemäß nicht für alle Kabelnetze zutreffen. So ist z. B. die Wärmeleitfähigkeit des die Kabel umgebenden Erdreiches manchmal höher, sehr oft jedoch auch niedriger als den Vorschriften zugrunde gelegt ist. Beides wirkt sich besonders bei größeren Kabelzahlen auf die zulässige Belastbarkeit erheblich aus. Die neuen Vorschriften legen eine Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens von  $\lambda_0 = 1,23 \text{ kcal/h m } ^\circ\text{C}$  entsprechend einem spezifischen Wärmewiderstand von  $86/\lambda_0 = 70 \text{ } ^\circ\text{C cm/W}$  zugrunde. Die Wärmeleitfähigkeit verschiedener Bodenarten ist in Zahlentafel 1 auf Grund der Angaben in verschiedenen Handbüchern aufgeführt. (Den alten VDE-Vorschriften aus dem Jahre 1943 lag fast der doppelte Wert, nämlich  $2,16 \text{ kcal/h m } ^\circ\text{C}$  zugrunde!). Bei Anhäufung mehrerer Kabel sind in den Vorschriften nur Angaben bis höchstens 10 Kabel aufgeführt, und der Praktiker wird kaum wagen, diese Werte bis auf Stückzahlen von 30 oder gar 60, wie sie gelegentlich in der Nähe von elektrischen Zentralen vorkommen, zu erweitern. Die Zahlen der Vorschriften gelten für eine Verlegungstiefe von 0,7 m und bei Anhäufung mehrerer Kabel für einen lichten Kabelabstand von 7 cm. Oft sind jedoch die Verlegungsbedingungen anders, und es ist sehr schwierig, ihren Einfluß auf die zulässige Belastung abzuschätzen. Im folgenden werden deshalb Berechnungsgleichungen abgeleitet und zahlenmäßige Betrachtungen angestellt. Gewiß sind die Verfahren nicht neu, jedoch sind sie dem planenden Ingenieur

Tafel 1. Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  verschiedener Bodenarten.  $\gamma$  bedeutet die Wichte.

Schriftumsquelle	Bodenart	$\lambda$ kcal/hm $^\circ\text{C}$
Kalender für Gesundheits- u. Wärmetechnik 1944, S. 48	normaler Sand, 0% Feuchtigkeit	0,28
	„ „ 10% „	0,83
	„ „ 20% „	1,14
	„ „ feuchtigkeits-gesättigt	1,62
	Erdreich, sandig, trocken	0,9
	„ sandig, 8% Feuchtigkeit	1,5
H. Rietschels Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik, Springer 1948	„ tonig oder lehmig	1,3
	„ mit 28% Feuchtigkeit	2,2
	Eisenbeton	0,8
	Torfmoor, trocken	0,06
	Schlackenschüttung, trocken	0,16
	trockene Sandschüttung	0,5
	Schlackenbeton	0,6
	Kiesbeton, $\gamma = 2200 \text{ kg/m}^3$	1,1
	Eisenbeton	1,3
	Ziegelsteinmauerwerk	0,75
	gewachsene Erde oder dem Regen ausgesetzte Sandschüttung	2,0
	dichte Gesteine (Granit, Basalt, Marmor usw. $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ )	2,5
porige Gesteine (Sandstein, weicher Kalkstein)	1,5	
Taschenbuch für Chemiker und Physiker (Jeans d'Ans und Ellen Lax), Springer 1943	gewöhnlicher Bims Kies $\gamma = 600 \text{ kg/m}^3$	0,15
	Koksgrus, $\gamma = 1000$ „	0,15
	Sand, $\gamma = 1500$ „	0,27
	Sand, $\gamma = 1740$ „	0,29
	Kies, $\gamma = 1850$ „	0,33
	Erdreich, reiner Sand $\gamma = 1500 \text{ kg/m}^3$	0,9
	„ $\gamma = 2000$ „	1,5
	Erdreich, tonig $\gamma = 1500 \text{ kg/m}^3$	0,9
	„ $\gamma = 2000$ „	2,2

ziemlich unbekannt geblieben. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf reinen Dauerbetrieb. Von den in einem vom Strom durchflossenen Kabel auftretenden Energieverlusten wird im folgenden nur die durch den ohmschen Widerstand der Leiter entwickelte Joulesche Wärme berücksichtigt, die im Dielektrikum entstehenden Verluste werden wegen ihrer Kleinheit dagegen vernachlässigt. Eine Übersicht über die benutzten Formelzeichen steht am Schluß der Arbeit. Damit im Dauerzustand die erwähnten Wärmemengen an die weitere Kabelumgebung und die Atmosphäre abgeführt werden können, muß sich auf dem Kabelleiter als Sitz der Wärmequelle eine Übertemperatur gegenüber der Atmosphäre einstellen. Den in den VDE-Vorschriften aufgeführten zulässigen Kabelbelastungen liegt eine Temperatur der weiteren Kabelumgebung bzw. Atmosphäre von  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  zugrunde, während mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Isolierstoffe im Kabel selbst für den Kabelleiter eine Höchsttemperatur von  $65 \text{ } ^\circ\text{C}$  bei Kabeln für 1...6 kV Betriebsspannung bzw.  $55 \text{ } ^\circ\text{C}$  für Spannungen zwischen 10 und 20 kV und schließlich  $45 \text{ } ^\circ\text{C}$  für Betriebsspannungen zwischen 30 und 60 kV zugelassen ist. Das gesamte Temperaturgefälle zwischen Kabelleiter und weiterer Kabelumgebung teilt sich auf in den Temperaturunterschied zwischen Kabelleiter und Kabelmantel (äußere Juteschicht) sowie in den auf das Erdreich selbst entfallenden, und dieser läßt sich, wie gezeigt werden soll, mathematisch angenähert als das halbe Feld eines Dipols betrachten<sup>1</sup>.

## 2. Dipol

Betrachtet man einen Ausschnitt aus einem geheizten, unendlich langen, geraden Rohr, in dem je Längeneinheit (m) die Wärmemenge  $q \text{ kcal/h}$  erzeugt wird, so gilt für eine konzentrische Zylinderschicht vom Halbmesser  $x$  und der Wanddicke  $dx$ , wenn der Temperaturabfall in ihr  $dt$  beträgt:

$$q = -\lambda \frac{2\pi x}{dx} dt. \tag{1}$$

Durch Integrieren wird, wenn auf der Innenoberfläche vom Halbmesser  $r_1$  die Temperatur  $t_1$ , auf der Außenoberfläche vom Halbmesser  $r_2$  die Temperatur  $t_2$  herrscht:

$$t_1 - t_2 = \frac{q}{2\pi\lambda} \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

Die logarithmische Staffelung der Isothermenkreise bleibt auch erhalten, wenn  $r_1$  immer weiter abnimmt bis auf Null.

Damit ist der Träger der Wärmequelle zu einer Geraden in der Rohrachse geworden, und auf ihr selbst müßte die Temperatur natürlich unendlich hoch sein. Auch in der nächsten Umgebung eines etwa in der Erde verlegten Rohres wird sich angenähert ein solches zylindrisches Temperaturfeld einstellen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Wärme im Hohlzylinder selbst erzeugt wird, also im Innern kein besonderes Feld besteht, oder ob sie unter dem Einfluß eines solchen erst dorthin gelangt, wenn nur längs des Umfanges überall die gleiche Temperatur herrscht. Erst in größerer Entfernung machen sich dann die Begrenzungen durch die Bodenoberfläche bemerkbar.

Im Grunde gilt auch für den unendlich ausgedehnten Körper noch der differentiale Ansatz nach Gl. (1), nur muß man vor der Integration die physikalischen Bedingungen so

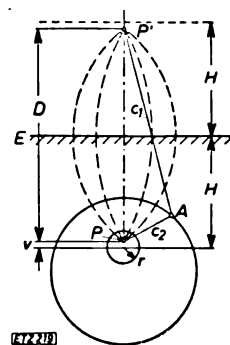


Bild 1. Isothermen um einen zylindrischen Heizkörper im Boden.

<sup>1</sup> Siehe z. B. O. Krischer: Berechnung der Wärmeverluste im Erdreich verlegter Rohrleitungen. Wärme- u. Kältetechn. (1936) H. 6. Dort wird das Problem mittels konformer Abbildungen behandelt.

wählen, daß die gesamte im Körper erzeugte Wärme ihn verlassen kann oder in ihm selber wieder vernichtet wird, also ein Dauerzustand möglich ist.

Beim ebenen Dipol werden nur 2 geradlinige, im Abstand  $D$  parallel zueinander verlaufende Energieträger (Quelle und Senke) vorausgesetzt. Die gleiche Energie  $q$  kcal/m h, die der erste in den unbegrenzt zu denkenden Körper schickt, nimmt der zweite vollständig wieder auf. An irgend einem Punkt  $A$ , Bild 1, der von beiden Trägern die Abstände  $c_1$  und  $c_2$  hat, stellt sich eine Temperatur  $t_A$  ein:

$$t_A - C = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln c_1 - \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln c_2 = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{c_1}{c_2}$$

$C$  ist hierbei eine Integrationskonstante. Längs der Symmetrieebene  $EE$  senkrecht auf der Ebene der Träger selbst ist  $c_1 = c_2$ , also  $t_A - C = 0$ . Rechnet man die Temperatur von der dort herrschenden aus als Übertemperatur  $\vartheta$ , so wird einfach:

$$\vartheta = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{c_1}{c_2} \quad (2)$$

Die Symmetrieebene ist also eine besondere Isotherme. Im allgemeinen Fall  $c_1 \neq c_2$  sind die Isothermen wieder Kreise, jedoch natürlich nicht mehr konzentrisch<sup>2</sup>. Lassen sich von einem ebenen Temperaturfeld zwei Kreise als Isothermen ansehen, so findet man auf dem Umweg über den Dipol die Lage der Wärmeträger. Angewendet auf das in der Tiefe  $H$  verlegte gerade Kabel vom Mantelhalbmesser  $r$  ist die eine Isotherme der zylindrische Mantel selbst, die andere die eben gedachte Erdoberfläche, wenigstens solange man annimmt, daß die Wärme ohne weiteres Temperaturgefälle an die Atmosphäre übergeht. Der zweite Pol  $P'$  ist gar nicht wirklich vorhanden, er kann als Spiegelbild von  $P$  betrachtet werden. Der Abstand  $D$  der beiden gedachten Wärmeträger wird dabei etwas kleiner als  $2H$ :

$$D = 2(H - v) \quad \text{mit} \quad v \approx \frac{r^2}{2H}$$

### 3. Einzelkabel

Im Fall des Wärmeausgleiches bei Kabeln kann man stets von dieser kleinen Verschiebung des gedachten Wärmeträgers aus der Kabelachse absehen. Eher muß man die Wärmeübertragung von der Erdoberfläche an die Atmosphäre durch einen Zuschlag zur Verlegungstiefe annehmen berücksichtigen. Ist Wärmeübergangszahl  $\alpha$  kcal/m<sup>2</sup>h °C und nimmt man vereinfachend an, die Wärme ströme durch diese Schicht wie durch eine planparallele Platte (d. h. ohne seitliche Ausbreitung), so läßt sich nach Bild 2  $\alpha$  ersetzen durch  $\lambda/\Delta H$ . Wählt man den Zahlenwert<sup>4</sup>  $\alpha = 20$  kcal/m<sup>2</sup>h °C, so wird die rechnerische Tiefe:

$$H' = H + \frac{\lambda}{20} \quad (3)$$

Für  $\lambda$  ist hierbei die Wärmeleitfähigkeit der Bodenart einzusetzen, in der das Kabel verlegt ist. In der Wirklichkeit ist die Voraussetzung überall gleicher Temperaturen von der Erdoberfläche bis zu den in Betracht kommenden Tiefen allerdings nicht exakt genug. Das natürliche Temperaturfeld der Erde bis in 3 m Tiefe und seine Veränderungen sind statistisch untersucht, eine lehrreiche Darstellung bringt

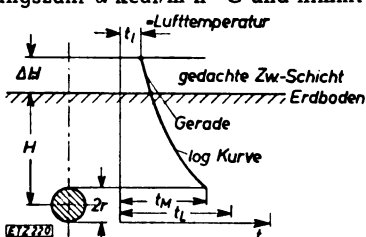


Bild 2. Temperaturfeld eines Einzelkabels.

<sup>2</sup> Zur weiteren Verdeutlichung sind in Bild 1 gestrichelt vier Feldlinien mit eingetragen, es sind übrigens auch Kreisbogen.

<sup>3</sup> Mit den Maßen des später rechnerisch behandelten Drehstromkabels (Mantelhalbmesser  $r = 0,031$  m, Verlegungstiefe  $H = 0,7$  m) erhält man  $v \approx 0,0007$  m oder auch  $\frac{v}{H} \approx \frac{r^2}{2H^2} \approx 0,02$  (2%).

<sup>4</sup> I. S. Cammerer: Konstruktive Grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes, Verlag Jul. Springer.

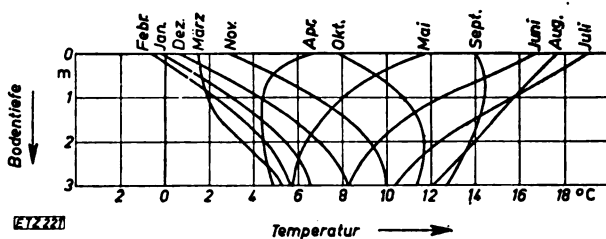


Bild 3. Temperatur des Erdbodens in verschiedenen Tiefen in den einzelnen Monaten (Messungen in Königsberg).

Bild 3<sup>5</sup>. Wenn man dieses Feld als in jedem Augenblick im Dauerzustand betrachtet, so darf man das des Kabels einfach überlagern. Nach dem Gesagten, Gl. (2) und (3), stellt sich dann auf dem Mantel eines einzelnen Kabels, dessen Manteldurchmesser  $2r_M$  ist, die Übertemperatur ein:

$$t_M - t_e = \frac{q}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{2H'}{r_M} = \frac{q}{2\pi\lambda M} \cdot \log \frac{2H'}{r_M} \quad (4)$$

wobei  $M$  der Modul der Briggschen Logarithmen und  $t_e$  die Temperatur des Erdbodens in der Verlegungstiefe bei außer Betrieb befindlichem Kabel ist. Besitzt das Kabel  $z$  Leiter vom Widerstand  $R$  [ $\Omega$ /m] und werden alle von gleich starken Strömen  $I$  [A] durchflossen, so ist die in den Kabelleitern entstehende Joulesche Wärme  $q = 0,86 z R I^2$  [kcal/mh].

### 4. Kabelband

Nun mögen in gleicher Tiefe  $H$  auf einer Seite des betrachteten Einzelkabels weitere  $h$  Kabel gleicher Ausführung im jeweiligen waagerechten Achsenabstand  $a$  parallel zueinander verlaufen (Bild 4). Die Ströme seien in allen Leitern gleich  $I$ . Zu jedem Kabel werde sein Spiegelbild eingetragen. Denkt man sich das erste Kabel, gekennzeichnet durch den Zeiger  $m$ , als gar nicht vorhanden, so senden  $h$  Dipole jeweils die Wärmemenge  $(q/-q)$  aus. Durch ihr Zusammenwirken stellt sich dort, wo Kabel  $m$  liegt, eine Übertemperatur  $\vartheta_{(1..h)}$  ein. Ohne nennenswerten Fehler darf man hier vereinfachend die Kabelquerschnitte vom Halbmesser  $r_M$  durch ihre Mittelpunkte ersetzen. Für die Dipole werden dann der Reihe nach die Abstände:

$a$  und  $\sqrt{(2H')^2 + a^2}$ ;  $2a$  und  $\sqrt{(2H')^2 + (2a)^2}$  usw., so daß:

$$\vartheta_{(1..h)} = \frac{q}{2\pi\lambda M} \left( \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + a^2}}{a} + \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + (2a)^2}}{2a} + \dots + \log \frac{\sqrt{(2H')^2 + (ha)^2}}{ha} \right)$$

Nun braucht man nur noch die Manteltemperatur des Einzelkabels nach Gl. (4) zu überlagern:

$$t_M - t_e = \frac{q}{2\pi\lambda M} [N_E + N_B] \quad (5)$$

Hierin ist abkürzend gesetzt:

$$N_E = \log \frac{2H'}{r_M}; \quad N_B = 2 \left( \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{a}\right)^2} + \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{2a}\right)^2} + \dots + \log \sqrt{1 + \left(\frac{2H'}{ha}\right)^2} \right) \quad (6)$$

Jener Ausdruck, der nur vom Verhältnis  $r_M/H'$  abhängt, bestimmt die Manteltemperatur für das Einzelkabel, dieser dagegen, in dem der Parameter  $a/H'$  auftritt, gibt den

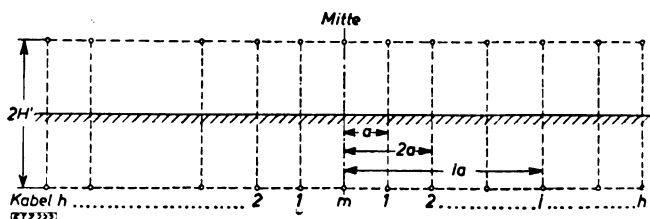


Bild 4. Querschnitt durch ein Band von  $n = 2h + 1$  Kabeln.

<sup>5</sup> Retzow: Elektrotechnik und Witterung, Verlag Jul. Springer.

Einfluß der übrigen zum mittleren Kabel symmetrisch liegenden Kabel des Bandes und hängt daher nur noch von der Gesamtzahl  $n$  ab, s. Tafel 2.

Nach Gl. (4) kann man für ein Einzelkabel und nach Gl. (5) für ein Kabelband, wenn nur die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Erdbodens bekannt ist, die Oberbodentemperatur auf dem Kabelmantel gegenüber der Erdbodentemperatur, also  $t_M - t_e$  errechnen. Zur Oberbodentemperatur der Leiter, d. h.  $t_L - t_e$ , die eigentlich entscheidend ist, kommt man erst, wenn man den Aufbau des Kabels und der verwendeten Isolierstoffe kennt.

Die durch VDE 0255 für das einzeln verlegte Kabel festgesetzte höchstzulässige Stromstärke sei  $I_0$ . Ist nun im Fall normgerechter Verlegungsbedingungen ( $H = 0,7$  m,  $\lambda = \lambda_0$ ) eine höchste Kabelmanteltemperatur  $t_{M_0}$  zulässig, so ergibt sich für beliebig kleinere Belastbarkeiten, wenn man temperaturunabhängige Wärmeleitfähigkeit der Isolierstoffe voraussetzt:

$$t_L - t_M = \frac{q}{q_0} (t_{L_0} - t_{M_0}) \text{ oder}$$

$$t_M = t_L - \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \cdot (t_{L_0} - t_{M_0}). \quad (7)$$

Die Vorschriften legen aber nur  $t_{L_0}$  fest, so daß Gl. (7) sich zahlenmäßig noch nicht auswerten läßt. Eine namhafte Kabelfirma empfiehlt, die Kabelmanteltemperaturen festzulegen bei etwa dem Mittel aus zulässiger Leitertemperatur und der Erdbodentemperatur nach VDE, also  $t_{M_0} = \frac{t_{L_0} + t_e}{2}$ .

Für Kabel bis 6 kV Betriebsspannung ergeben sich dann 42,5 °C, bei solchen für Betriebsspannungen zwischen 10 und 25 kV 37,5 °C und bei mehr als 25 kV 32,5 °C. Man kann aber  $t_{M_0}$  auch berechnen aus der bekannten Belastbarkeit  $I_0$  nach VDE, wenn das Kabel in dem „vorschriftsmäßigen“ Boden ( $\lambda_0 = 1,23$  kcal/h m °C) in der herkömmlichen Tiefe liegt und die Umgebungs- (Boden-) Temperatur 20 °C beträgt. Gl. (4) liefert für  $H = 0,7$  m ( $H' = 0,762$  m) also  $N_E = \log \frac{2 \cdot 0,762}{r_M}$ , allgemein:

$$t_{M_0} = t_e + \frac{q_0 \cdot N_E}{2\pi \lambda_0 M} = 20 + \frac{0,86 \cdot z \cdot R I_0^2 \cdot \log \frac{1,52}{r_M}}{2\pi \cdot 1,23 \cdot 0,434}$$

Als Beispiel diene hier ein 6 kV-Kupferkabel nach VDE 0255, NKBA 3×240 mm<sup>2</sup>, wofür  $I_0 = 490$  A,  $z = 3$ ,  $R = \frac{1}{48 \cdot 240}$  Ω/m (bei 65 °C), also  $q_0 = 54$  kcal/h m und  $r_M = 0,031$  m. Die Rechnung ergibt  $t_{M_0} = 47,4$  °C<sup>6</sup>. In

<sup>6</sup> Als weiteren Beitrag zur Frage der Manteltemperatur hat der eine der beiden Verfasser am 6 kV-Kabel den Wärmefluß theoretisch verfolgt an Hand von Analogiebetrachtungen über die Kapazität der 3 Phasen zum Bleimantel. Leider macht die unsichere Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Isolierschichten im Kabel die Umrechnung illusorisch. Deshalb sei der von anderer Seite an einem ähnlichen Kabel größeren Querschnittes wirklich versuchsmaßig gemessene „Thermische Widerstand des Kabelinneren“ angeführt:

$0,3 \frac{\text{mh} \cdot \text{°C}}{\text{kcal}}$ . Mit dem angegebenen Zahlenwert  $q_0$  würde  $t_L - t_{M_0} = 54 \cdot 0,3 = 16,2$  °C;  $t_{M_0} = 65 - 16,2 = 48,8$  °C.

Tafel 2. Werte  $N_B$  abhängig von  $n$  ( $h$ ) für Parameter  $\frac{a}{H'}$ .

$\frac{a}{H'}$ $h$	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	1,00	$\frac{a}{H'}$ $h$
3	2,604	2,446	2,312	2,196	2,096	2,004	1,812	1,658	1,414	1,230	0,698	1
5	4,608	4,294	4,028	3,800	3,598	3,420	3,044	2,740	2,276	1,930	1,000	2
7	6,264	5,796	5,402	5,064	4,766	4,502	3,952	3,514	2,852	2,374	1,160	3
9	7,680	7,060	6,540	6,096	5,706	5,362	4,652	4,092	3,262	2,674	1,256	4
11	8,910	8,144	7,502	6,956	6,480	6,060	5,202	4,536	3,562	2,890	1,322	5
13	9,994	9,084	8,326	7,684	7,126	6,640	5,646	4,884	3,792	3,048	1,366	6
15	10,956	9,908	9,040	8,306	7,672	7,122	6,010	5,164	3,970	3,172	1,400	7
17	11,816	10,636	9,662	8,842	8,140	7,530	6,310	5,394	4,114	3,268	1,428	8
19	12,590	11,282	10,208	9,308	8,542	7,880	6,564	5,584	4,230	3,346	1,448	9
21	13,288	11,860	10,692	9,718	8,890	8,180	6,778	5,744	4,328	3,412	1,466	10
23	13,922	12,376	11,120	10,078	9,196	8,442	6,962	5,880	4,408	3,466	1,480	11
25	14,500	12,844	11,504	10,396	9,466	8,672	7,122	5,996	4,478	3,510	1,492	12
27	15,028	13,266	11,848	10,680	9,704	8,874	7,262	6,098	4,538	3,550	1,502	13
29	15,510	13,650	12,158	10,936	9,916	9,052	7,384	6,186	4,590	3,584	1,510	14
31	15,954	13,998	12,438	11,164	10,106	9,212	7,494	6,264	4,636	3,614	1,518	15
35	16,740	14,610	12,924	11,560	10,432	9,484	7,678	6,396	4,712	3,664	1,530	17
41	17,714	15,356	13,510	12,030	10,816	9,804	7,890	6,548	4,800	3,720	1,544	20
45	18,256	15,764	13,828	12,282	11,022	9,974	8,004	6,628	4,846	3,750	1,552	22
51	18,944	16,278	14,224	12,596	11,276	10,184	8,142	6,726	4,902	3,786	1,562	25
61	19,844	16,940	14,730	12,994	11,594	10,446	8,312	6,846	4,970	3,830	1,572	30
71	20,526	17,436	15,104	13,286	11,830	10,638	8,438	6,934	5,020	3,862	1,580	35
81	21,058	17,820	15,392	13,510	12,008	10,784	8,532	7,000	5,058	3,886	1,586	40
91	21,486	18,124	15,620	13,686	12,148	10,898	8,606	7,052	5,086	3,904	1,592	45
101	21,834	18,372	15,806	13,830	12,262	10,992	8,666	7,092	5,110	3,920	1,596	50
∞	25,190	20,720	17,538	15,160	13,316	11,846	9,214	7,474	5,325	4,057	1,630	∞

der Ausführung für 10 kV wird  $I_0 = 420$  A,  $r_M = 0,033$  m, damit  $t_{M_0} = 39,1$  °C<sup>7</sup>.

Nachdem man so den Zahlenwert  $t_{M_0}$  berechnen kann, läßt sich durch Zusammenfassung der Gl. (5) und (7)  $t_M$  eliminieren:

$$t_L - t_e = \frac{q}{q_0} \left[ \frac{q_0}{2\pi \lambda M} (N_E + N_B) + t_{L_0} - t_{M_0} \right]. \quad (8)$$

Die anteilige Belastbarkeit des mittleren Kabels, dessen Belastbarkeit  $I_0$  als Einzelkabel nach den VDE-Vorschriften bekannt ist, jetzt unter beliebigen Verlegungsbedingungen im Band, erhält man daraus durch Auflösen nach  $I/I_0 = \sqrt{q/q_0}$ :

$$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{t_L - t_e}{\frac{q_0}{2\pi \lambda M} (N_E + N_B) + t_{L_0} - t_{M_0}}} \quad (9)$$

Ist unter bestimmten Verhältnissen die höchste zulässige Stromstärke gesucht, so ist in Gl. (9) einfach für  $t_L$  der Wert  $t_{L_0}$  einzusetzen. Wählt man z. B. für 6 kV-Kabel wieder  $t_L = t_{L_0} = 65$  °C, und übernimmt man den oben errechneten runden Wert  $t_{M_0} = 47$  °C, so lautet die Gleichung für das 6 kV-Kabel:

$$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{65 - t_e}{0,86 \cdot z \cdot R \cdot I_0^2 (N_E + N_B) + 18}}$$

<sup>7</sup> Die Kenntnis des Wertes von  $t_{M_0}$  ist vor allem für den Betriebsmann außerordentlich wichtig. Sie gestattet ihm nämlich jederzeit, ohne besondere Schwierigkeiten bei einem in Erde verlegten Kabel ohne Rücksicht auf die ihm oft nicht bekannte Wärmeleitfähigkeit des Bodens an einer bestimmten Stelle oder bei einem in Luft verlegten Kabel die Kabelleitertemperatur zu ermitteln. Mit einem Widerstandsthermometer oder einfach um das Kabel (über Jute) herumgewickelten Thermoelement wird die Kabelmanteltemperatur  $t_M$  gemessen und gleichzeitig der durch das Kabel fließende Strom  $I$  festgestellt. Nach Gl. (7) kann man dann sofort, da  $I_0$  und  $t_{L_0}$  laut VDE-Tabelle gegeben ist, den Wert  $t_L$  errechnen und so nachprüfen, ob das Kabel an der betreffenden Stelle zu heiß wird.



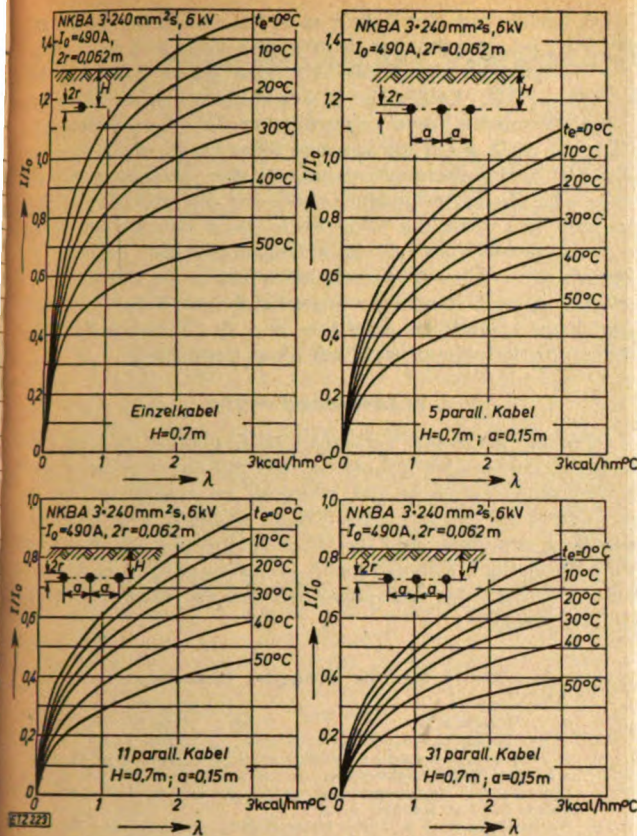


Bild 5. Zulässige Belastung von parallel verlegten 6 kV-Kabeln NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> s.

Gl. (9), umsichtig angewendet, gestattet also, zusammen mit Gl. (6) und Gl. (3) die Stromstärke  $I$  zu bestimmen, für die unter gegebenen Voraussetzungen das heißeste Kabel gerade die höchstzulässige Leitertemperatur erreicht<sup>8</sup>.

5. Anwendungen

Im Sonderfall des 6 kV-Kabels NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> wird

$$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{65 - t_e}{19,8 (N_E + N_B) + 18}} \cdot \lambda$$

Diese Beziehung für die Fest-

werte  $H = 0,7 \text{ m}$  ( $H' = 0,7 + \lambda/20$ ),  $r_M = 0,031 \text{ m}$  mit  $\lambda$  als unabhängig Veränderlicher und  $t_e$  als Parameter ( $t_e = 0, 10, 20, 30, 40, 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ist in Bild 5 dargestellt, zuerst für das Einzelkabel, sodann für 3 Kabelbänder, der Reihe nach bestehend aus 5, 11 und 31 Kabeln, wobei stets der gleiche Achsenabstand  $a = 0,15 \text{ m}$  vorausgesetzt wurde. In Bild 6 ist dieselbe Beziehung dargestellt für ein Einzelkabel vom gleichen Querschnitt wie vorher, jedoch für 10 kV Betriebsspannung.

Um den Einfluß der Kabelzahl  $n$  (1 ... 51) in der gewohnten Art zu zeigen, ist  $n$  in Bild 7 und 8 als unabhängig Veränderliche aufgetragen. Als Parameter ist einmal der Achsenabstand  $a$  gewählt ( $a = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 \text{ m}$ ) bei  $H = 0,7 \text{ m}$ , sodann die Verlegungstiefe  $H$  (0,2; 0,4; 0,7; 1,0 m)

\* Bei der Berechnung von  $q_0$  ist derjenige Widerstand  $R$  einzusetzen, den der Kabelleiter bei der in Betracht kommenden Temperatur  $t_L$  besitzt. Für Kupfer beträgt nach VDE 0201 der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei 20 °C (spezifischer Widerstand) unter Berücksichtigung eines kleinen Zuschlages für Drall der Litzen und einer Stärketoleranz

Stärketoleranz	=	0,01786 ≈ 1/56	Ω mm <sup>2</sup> /m
Zunahme je °C	=	0,000068	"
dabei bei $t_L$	=	0,01786 + (t <sub>L</sub> - 20) · 0,000068	"
folglich bei 65°	=	1/47,7	"
55°	=	1/49,3	"
45°	=	1/51	"

Für Aluminium (99,5% Reinheit) lauten die entsprechenden Zahlen nach VDE 0202:

Stärketoleranz	=	0,02778 ≈ 1/36	Ω mm <sup>2</sup> /m
Zunahme je °C	=	0,00011	"
dabei bei $t_L$	=	0,02778 + (t <sub>L</sub> - 20) · 0,00011	"
folglich bei 65°	=	1/30,5	"
55°	=	1/31,5	"
45°	=	1/32,7	"

In die Berechnung von  $q$  geht dann als Widerstand  $R$  eines Leiters

$$R = \frac{\rho t_L}{\text{Leiterquerschnitt in mm}^2} \left| \frac{\Omega}{\text{m}} \right|$$

bei  $a = 0,15 \text{ m}$ , wobei die früheren Veränderlichen jetzt mit den Festwerten  $\lambda = \lambda_0 = 1,23 \text{ kcal/hm}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $t_e = t_{e0} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  eingeführt sind. In diese Darstellung sind zum Vergleich die Belastbarkeiten nach der erwähnten Zahlentafel 12, VDE 0255, als eingekreiste Punkte eingetragen. Bild 7 läßt klar erkennen, daß die Belastbarkeit, beginnend mit 100% des Einzelkabels, mit wachsender Kabelzahl zunächst sehr rasch, dann langsamer sinkt.

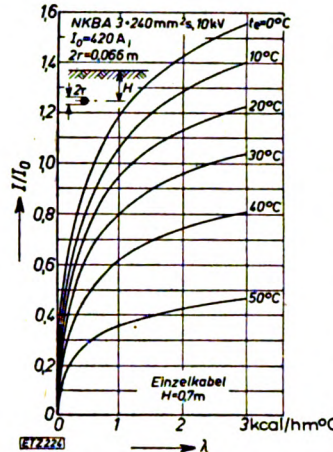


Bild 6. Zulässige Belastung eines einzeln verlegten 10 kV-Kabels NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> s.

abschneiden, da wohl stets mit zunehmender Annäherung an die Erdoberfläche die Feuchtigkeit und damit zugleich die Wärmeleitfähigkeit ein und derselben Bodenart etwas sinkt. Wie stark sich eine gewisse Änderung der Wärmeleitfähigkeit auswirkt, gibt Bild 5 an.

Für die heiße Jahreszeit ist außerdem zu beachten, daß, wie auch Bild 3 zeigt, die Temperatur des Erdbodens bei Annäherung an die Bodenoberfläche steigt. So herrscht z. B. im Juli in 0,2 m Tiefe eine um rd. 1,75 °C höhere Temperatur als in 0,7 m Tiefe. Die hiernach erforderliche Verringerung der Belastbarkeit ( $t_e = t_{e0} + 1,75 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ist in Bild 8 gestrichelt eingetragen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß M e l s o m und F a w s e t t experimentell bewiesen haben<sup>9</sup>, daß Kabel in geringerer Tiefe im gleichen Boden stärker belastet werden dürfen. Wenn man im Rahmen von Entwürfen die Belastbarkeit von Kabelbändern zahlenmäßig bestimmen will, ist von den in die gefundenen Beziehungen einzusetzenden Größen nur der Stoffwert, die Wärmeleitzahl unsicher. Jedoch gibt Tafel 1 schon einen gewissen Anhalt für Schätzungen<sup>10</sup>. Mit verhältnismäßig geringem Aufwand ließen sich rasch und zuverlässig durch ein versuchsweise im Boden verlegtes, mit geeigneten Temperaturmeßstellen versehenes Stück Einzelkabel brauchbare Werte für die Wärme-

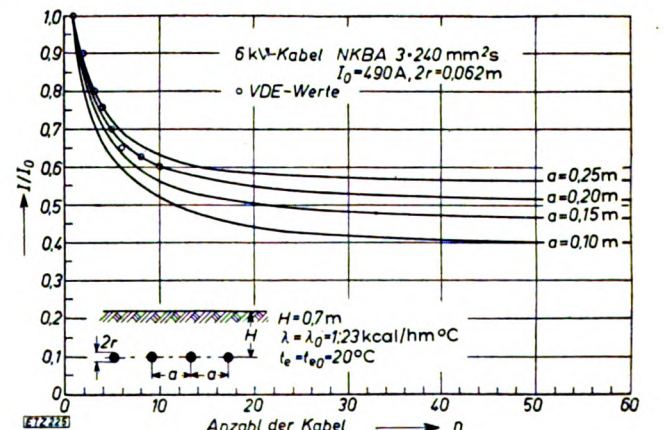


Bild 7. Zulässige Belastung von 6 kV-Kabeln NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> s bei verschiedenen Verlegungsabständen.

<sup>8</sup> Nach M. Klein: Kabeltechnik, S. 103. Verlag Jul. Springer.  
<sup>10</sup> In diesem Zusammenhang sei hingewiesen auf die Arbeit von H. Strobach „Über die Belastbarkeit von Kabelstrecken“, ETZ 71 (1950) S. 55, und auf die dort angeführten Schriftumsangaben.



Einfluß der übrigen zum mittlere Kabel symmetrisch liegenden Kabel des Bandes und hängt daher nur noch von der Gesamtzahl  $n$  ab, s. Tafel 2.

Nach Gl. (4) kann man für ein Einzelkabel und nach Gl. (5) für ein Kabelband, wenn nur die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  des Erdbodens bekannt ist, die Ober-temperatur auf dem Kabelmantel gegenüber der Erdbodentemperatur, also  $t_M - t_e$  errechnen. Zur Ober-temperatur der Leiter, d. h.  $t_L - t_e$ , die eigentlich entscheidend ist, kommt man erst, wenn man den Aufbau des Kabels und der verwendeten Isolierstoffe kennt.

Die durch VDE 0255 für das einzeln verlegte Kabel festgesetzte höchstzulässige Stromstärke sei  $I_0$ . Ist nun im Fall normgerechter Verlegungsbedingungen ( $H = 0,7$  m,  $\lambda = \lambda_0$ ) eine höchste Kabelmanteltemperatur  $t_{M_0}$  zulässig, so ergibt sich für beliebige kleinere Belastbarkeiten, wenn man temperaturunabhängige Wärmeleitfähigkeit der Isolierstoffe voraussetzt:

$$t_L - t_M = \frac{q}{q_0} (t_{L_0} - t_{M_0}) \text{ oder}$$

$$t_M = t_L - \left(\frac{I}{I_0}\right)^2 \cdot (t_{L_0} - t_{M_0}). \quad (7)$$

Die Vorschriften legen aber nur  $t_{L_0}$  fest, so daß Gl. (7) sich zahlenmäßig noch nicht auswerten läßt. Eine namhafte Kabelfirma empfiehlt, die Kabelmanteltemperaturen festzulegen bei etwa dem Mittel aus zulässiger Leitertemperatur und der Erdbodentemperatur nach VDE, also  $t_{M_0} = \frac{t_{L_0} + t_{e_0}}{2}$ .

Für Kabel bis 6 kV Betriebsspannung ergeben sich dann 42,5 °C, bei solchen für Betriebsspannungen zwischen 10 und 25 kV 37,5 °C und bei mehr als 25 kV 32,5 °C. Man kann aber  $t_{M_0}$  auch berechnen aus der bekannten Belastbarkeit  $I_0$  nach VDE, wenn das Kabel in dem „vorschriftsmäßigen“ Boden ( $\lambda_0 = 1,23$  kcal/h m °C) in der herkömmlichen Tiefe liegt und die Umgebungs- (Boden-) Temperatur 20 °C beträgt. Gl. (4) liefert für  $H = 0,7$  m ( $H' = 0,762$  m)

also  $N_E = \log \frac{2 \cdot 0,762}{t_M}$ , allgemein:

$$t_{M_0} = t_{e_0} + \frac{q_0 \cdot N_E}{2\pi \lambda_0 M} = 20 + \frac{0,86 \cdot z \cdot R I_0^2 \cdot \log \frac{1,52}{t_M}}{2\pi \cdot 1,23 \cdot 0,434}$$

Als Beispiel diene hier ein 6 kV-Kupferkabel nach VDE 0255, NKBA 3×240 mm<sup>2</sup>, wofür  $I_0 = 490$  A,  $z = 3$ ,  $R = \frac{1}{48 \cdot 240}$  Ω/m (bei 65 °C), also  $q_0 = 54$  kcal/h m und  $r_M = 0,031$  m. Die Rechnung ergibt  $t_{M_0} = 47,4$  °C<sup>6</sup>. In

<sup>6</sup> Als weiteren Beitrag zur Frage der Manteltemperatur hat der eine der beiden Verfasser am 6 kV-Kabel den Wärmefluß theoretisch verfolgt an Hand von Analogiebetrachtungen über die Kapazität der 3 Phasen zum Bleimantel. Leider macht die unsichere Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Isolierschichten im Kabel die Umrechnung illusorisch. Deshalb sei der von anderer Seite an einem ähnlichen Kabel größeren Querschnittes wirklich versuchsmäßig gemessene „Thermische Widerstand des Kabelinneren“ angeführt:

$$0,3 \frac{\text{mh} \cdot \text{°C}}{\text{kcal}}. \text{ Mit dem angegebenen Zahlenwert } q_0 \text{ würde } t_{L_0} - t_{M_0} = 54 \cdot 0,3 = 16,2 \text{ °C}; t_{M_0} = 65 - 16,2 = 48,8 \text{ °C}.$$

Tafel 2. Werte  $N_B$  abhängig von  $n$  ( $h$ ) für Parameter  $\frac{a}{H'}$ .

$\frac{a}{H'}$ $h$	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	1,00	$\frac{a}{H'}$ $h$
3	2,604	2,446	2,312	2,196	2,096	2,004	1,812	1,658	1,414	1,230	0,698	1
5	4,608	4,294	4,028	3,800	3,598	3,420	3,044	2,740	2,276	1,930	1,000	2
7	6,264	5,796	5,402	5,064	4,766	4,502	3,952	3,514	2,852	2,374	1,160	3
9	7,680	7,060	6,540	6,096	5,706	5,362	4,652	4,092	3,262	2,674	1,256	4
11	8,910	8,144	7,502	6,956	6,480	6,060	5,202	4,536	3,562	2,890	1,322	5
13	9,994	9,084	8,326	7,684	7,126	6,640	5,646	4,884	3,792	3,048	1,366	6
15	10,956	9,908	9,040	8,306	7,672	7,122	6,010	5,164	3,970	3,172	1,400	7
17	11,816	10,636	9,662	8,842	8,140	7,530	6,310	5,394	4,114	3,268	1,428	8
19	12,590	11,282	10,208	9,308	8,542	7,880	6,564	5,584	4,230	3,346	1,448	9
21	13,288	11,860	10,692	9,718	8,890	8,180	6,778	5,744	4,328	3,412	1,466	10
23	13,922	12,376	11,120	10,078	9,196	8,442	6,962	5,880	4,408	3,466	1,480	11
25	14,500	12,844	11,504	10,396	9,466	8,672	7,122	5,996	4,478	3,510	1,492	12
27	15,028	13,266	11,848	10,680	9,704	8,874	7,262	6,098	4,538	3,550	1,502	13
29	15,510	13,650	12,158	10,936	9,916	9,052	7,384	6,186	4,590	3,584	1,510	14
31	15,954	13,998	12,438	11,164	10,106	9,212	7,494	6,264	4,636	3,614	1,518	15
35	16,740	14,610	12,924	11,560	10,432	9,484	7,678	6,396	4,712	3,664	1,530	17
41	17,714	15,356	13,510	12,030	10,816	9,804	7,890	6,548	4,800	3,720	1,544	20
45	18,256	15,764	13,828	12,282	11,022	9,974	8,004	6,628	4,846	3,750	1,552	22
51	18,944	16,278	14,224	12,596	11,276	10,184	8,142	6,726	4,902	3,786	1,562	25
61	19,844	16,940	14,730	12,994	11,594	10,446	8,312	6,846	4,970	3,830	1,572	30
71	20,526	17,436	15,104	13,286	11,830	10,638	8,438	6,934	5,020	3,862	1,580	35
81	21,058	17,820	15,392	13,510	12,008	10,784	8,532	7,000	5,058	3,886	1,586	40
91	21,486	18,124	15,620	13,686	12,148	10,898	8,606	7,052	5,086	3,904	1,592	45
101	21,834	18,372	15,806	13,830	12,262	10,992	8,666	7,092	5,110	3,920	1,596	50
∞	25,190	20,720	17,538	15,160	13,316	11,846	9,214	7,474	5,325	4,057	1,630	∞

der Ausführung für 10 kV wird  $I_0 = 420$  A,  $r_M = 0,033$  m, damit  $t_{M_0} = 39,1$  °C<sup>7</sup>.

Nachdem man so den Zahlenwert  $t_{M_0}$  berechnen kann, läßt sich durch Zusammenfassung der Gl. (5) und (7)  $t_M$  eliminieren:

$$t_L - t_e = \frac{q}{q_0} \left[ \frac{q_0}{2\pi \lambda M} (N_E + N_B) + t_{L_0} - t_{M_0} \right]. \quad (8)$$

Die anteilige Belastbarkeit des mittleren Kabels, dessen Belastbarkeit  $I_0$  als Einzelkabel nach den VDE-Vorschriften bekannt ist, jetzt unter beliebigen Verlegungsbedingungen im Band, erhält man daraus durch Auflösen nach  $I/I_0 = \sqrt{q/q_0}$ :

$$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{t_L - t_e}{\frac{q_0}{2\pi \lambda M} (N_E + N_B) + t_{L_0} - t_{M_0}}} \quad (9)$$

Ist unter bestimmten Verhältnissen die höchste zulässige Stromstärke gesucht, so ist in Gl. (9) einfach für  $t_L$  der Wert  $t_{L_0}$  einzusetzen. Wählt man z. B. für 6 kV-Kabel wieder  $t_L = t_{L_0} = 65$  °C, und übernimmt man den oben errechneten runden Wert  $t_{M_0} = 47$  °C, so lautet die Gleichung für das 6 kV-Kabel:

$$\frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{65 - t_e}{\frac{0,86 \cdot z \cdot R \cdot I_0^2}{2\pi \lambda \cdot 0,434} (N_E + N_B) + 18}}$$

<sup>7</sup> Die Kenntnis des Wertes von  $t_{M_0}$  ist vor allem für den Betriebsmann außerordentlich wichtig. Sie gestattet ihm nämlich jederzeit, ohne besondere Schwierigkeiten bei einem in Erde verlegten Kabel ohne Rücksicht auf die ihm oft nicht bekannte Wärmeleitfähigkeit des Bodens an einer bestimmten Stelle oder bei einem in Luft verlegten Kabel die Kabelleitertemperatur zu ermitteln. Mit einem Widerstandsthermometer oder einem um das Kabel (über Jute) herumgewickelten Thermolement wird die Kabelmanteltemperatur  $t_M$  gemessen und gleichzeitig der durch das Kabel fließende Strom  $I$  festgestellt. Nach Gl. (7) kann man dann sofort, da  $I_0$  und  $t_{L_0}$  laut VDE-Tabelle gegeben ist, den Wert  $t_L$  errechnen und so nachprüfen, ob das Kabel an der betreffenden Stelle zu heiß wird.



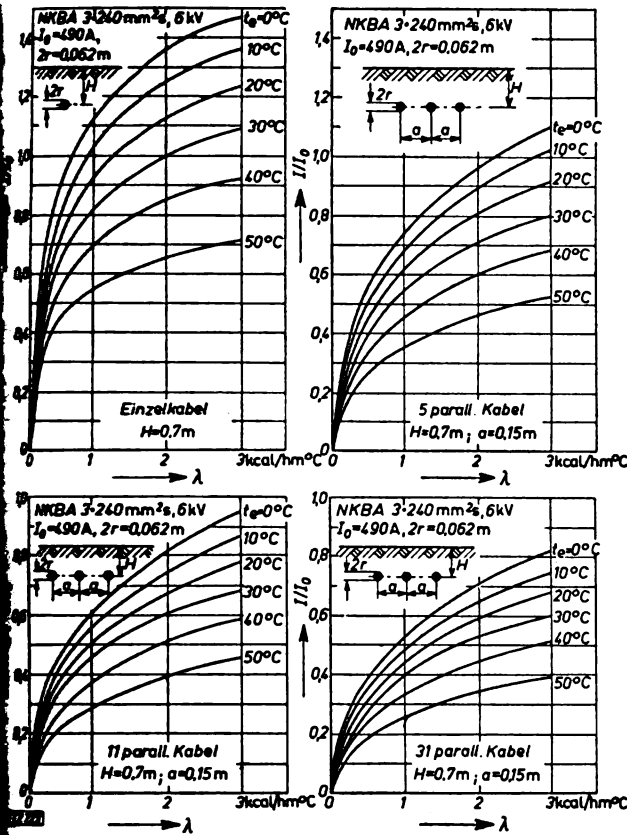


Bild 5. Zulässige Belastung von parallel verlegten 6 kV-Kabeln NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> s.

(9), umsichtig angewendet, gestattet also, zusammen mit (6) und Gl. (3) die Stromstärke  $I$  zu bestimmen, für die unter gegebenen Voraussetzungen das heißeste Kabel gerade die höchstzulässige Leitertemperatur erreicht<sup>8</sup>.

5. Anwendungen

Im Sonderfall des 6 kV-Kabels NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> wird

$$I = \sqrt{\frac{65 - t_e}{\frac{19,8}{\lambda} (NE + NB) + 18}}$$

Die Bezeichnung für die Festwerte  $H = 0,7 \text{ m}$  ( $H' = 0,7 + \lambda/20$ ),  $r_M = 0,031 \text{ m}$  mit  $\lambda$  als abhängig Veränderlicher und  $t_e$  als Parameter ( $t_e = 0, 10, 20, 30, 40, 50 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ist in Bild 5 dargestellt, zuerst für das Einzelkabel, sodann für 3 Kabelbänder, der Reihe nach bestehend aus 5, 11 und 31 Kabeln, wobei stets der gleiche Achsenabstand  $a = 0,15 \text{ m}$  vorausgesetzt wurde. In Bild 6 ist die gleiche Beziehung dargestellt für ein Einzelkabel vom gleichen Querschnitt wie vorher, jedoch für 10 kV Betriebsspannung.

Um den Einfluß der Kabelzahl  $n$  (1 ... 51) in der gewöhnlichen Art zu zeigen, ist  $n$  in Bild 7 und 8 als unabhängig Veränderliche aufgetragen. Als Parameter ist einmal der Achsenabstand  $a$  gewählt ( $a = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25 \text{ m}$ ) bei  $H = 0,7 \text{ m}$ , sodann die Verlegungstiefe  $H$  (0,2; 0,4; 0,7; 1,0 m)

- \* Bei der Berechnung von  $q_0$  ist derjenige Widerstand  $R$  einzusetzen, den der Kabelleiter bei der in Betracht kommenden Temperatur  $t_L$  besitzt.
- † Kupfer beträgt nach VDE 0201 der Widerstand eines Leiters von der Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei 20 °C (spezifischer Widerstand) unter Berücksichtigung eines kleinen Zuschlages für Drall der Litzen und einer Toleranz
- Widerstand je °C = 0,01786 ≈ 1/56 Ω mm<sup>2</sup>/m
- Widerstand bei  $t_L$  = 0,000068
- Widerstand bei  $t_L$  = 0,01786 +  $(t_L - 20) \cdot 0,000068$
- Widerstand bei 65° = 1/47,7
- Widerstand bei 55° = 1/49,3
- Widerstand bei 45° = 1/51
- Für Aluminium (99,9% Reinheit) lauten die entsprechenden Zahlen nach VDE 0202:
- Widerstand je °C = 0,02778 ≈ 1/36 Ω mm<sup>2</sup>/m
- Widerstand bei  $t_L$  = 0,00011
- Widerstand bei  $t_L$  = 0,02778 +  $(t_L - 20) \cdot 0,00011$
- Widerstand bei 65° = 1/30,5
- Widerstand bei 55° = 1/31,5
- Widerstand bei 45° = 1/32,7

Die Berechnung von  $q$  geht dann als Widerstand  $R$  eines Leiters

$$R = \frac{\rho l Z}{\text{Leiterquerschnitt in mm}^2 \left| \frac{\Omega}{\text{m}} \right|}$$

bei  $a = 0,15 \text{ m}$ , wobei die früheren Veränderlichen jetzt mit den Festwerten  $\lambda = \lambda_0 = 1,23 \text{ kcal/hm }^\circ\text{C}$  und  $t_e = t_{e0} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  eingeführt sind. In diese Darstellung sind zum Vergleich die Belastbarkeiten nach der erwähnten Zahlentafel 12, VDE 0255, als eingekreiste Punkte eingetragen. Bild 7 läßt klar erkennen, daß die Belastbarkeit, beginnend mit 100% des Einzelkabels, mit wachsender Kabelzahl zunächst sehr rasch, dann langsamer sinkt.

Besonders vorteilhaft wirkt sich vergrößerter Achsenabstand bei großer Kabelzahl aus. Den rein thermischen Vorteil geringer Verlegungstiefe macht Bild 8 deutlich, auch hier ist die Wirksamkeit bei großer Kabelzahl besonders groß. Leider läßt sich dieses Moment meist nicht ausnutzen, da mit abnehmender Verlegungstiefe die Gefahr für mechanische Beschädigung der Kabel wächst.

Beim Vergleich der Kurven wird man aber noch berücksichtigen, daß in dieser theoretischen Darstellung die sehr geringen Verlegungstiefen gegenüber den größeren etwas zu günstig abschneiden, da wohl stets mit zunehmender Annäherung an die Erdoberfläche die Feuchtigkeit und damit zugleich die Wärmeleitfähigkeit ein und derselben Bodenart etwas sinkt. Wie stark sich eine gewisse Änderung der Wärmeleitfähigkeit auswirkt, gibt Bild 5 an.

Für die heiße Jahreszeit ist außerdem zu beachten, daß, wie auch Bild 3 zeigt, die Temperatur des Erdbodens bei Annäherung an die Bodenoberfläche steigt. So herrscht z. B. im Juli in 0,2 m Tiefe eine um rd. 1,75 °C höhere Temperatur als in 0,7 m Tiefe. Die hiernach erforderliche Verringerung der Belastbarkeit ( $t_e = t_{e0} + 1,75 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ist in Bild 8 gestrichelt eingetragen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Meissner und Fawcett experimentell bewiesen haben<sup>9</sup>, daß Kabel in geringerer Tiefe im gleichen Boden stärker belastet werden dürfen. Wenn man im Rahmen von Entwürfen die Belastbarkeit von Kabelbändern zahlenmäßig bestimmen will, ist von den in die gefundenen Beziehungen einzusetzenden Größen nur der Stoffwert, die Wärmeleitfähigkeit unsicher. Jedoch gibt Tafel 1 schon einen gewissen Anhalt für Schätzungen<sup>10</sup>. Mit verhältnismäßig geringem Aufwand ließen sich rasch und zuverlässig durch ein versuchsweise im Boden verlegtes, mit geeigneten Temperaturmeßstellen versehenes Stück Einzelkabel brauchbare Werte für die Wärme-

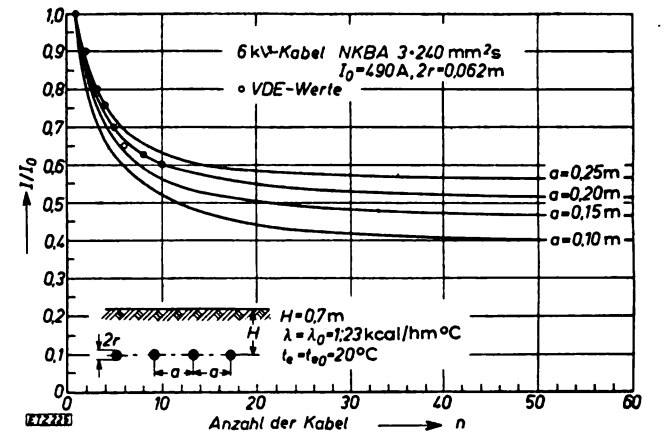


Bild 7. Zulässige Belastung von 6 kV-Kabeln NKBA 3x240 mm<sup>2</sup> s bei verschiedenen Verlegungsabständen.

<sup>8</sup> Nach M. Klein: Kabeltechnik, S. 103. Verlag Jul. Springer.  
<sup>10</sup> In diesem Zusammenhang sei hingewiesen auf die Arbeit von H. Strobach „Über die Belastbarkeit von Kabelstrecken“, ETZ 71 (1950) S. 55, und auf die dort angeführten Schrifttumsangaben.

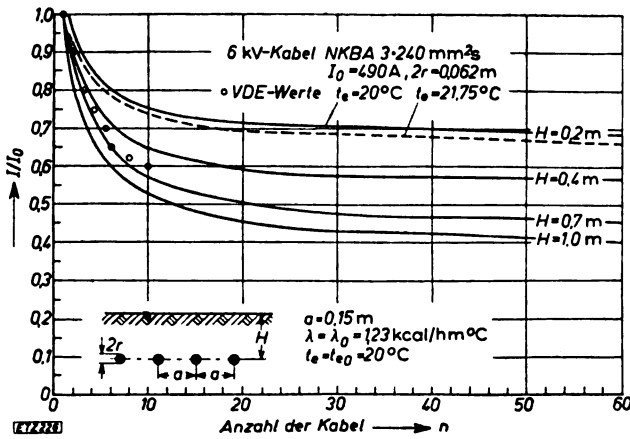


Bild 8. Zulässige Belastung von 6 kV-Kabeln NKBA 3x240 mm² s bei verschiedenen Verlegungstiefen.

leitfähigkeit des Bodens an Ort und Stelle ermitteln. Allerdings wird die Wärmeleitfähigkeit in den seltensten Fällen für den gesamten Verlegungsbereich einheitlich sein, hängt sie doch von der Struktur des Bodens und seiner Feuchtigkeit ab, wie schon Tafel 1 hat erkennen lassen. Praktische Untersuchungen sollten weitere Richtwerte geben für die passende Festsetzung von  $t_{M_0}$  sowie vor allem über die wahren im Beharrungszustand sich einspielenden Mittelwerte der rechnerischen Wärmeleitfähigkeit bei Böden verschiedener Art.

6. Ergänzung

Um Zahlenrechnungen ähnlich den hier durchgeführten, z. B. die Gl. (9), rasch und übersichtlich auszuwerten, hat der eine der beiden Verfasser eine siebenfeldrige Rechentafel (Nomogramm) in DIN A 3-Größe entworfen, dessen Wiedergabe der knappe Platz nicht erlaubt. Die Schriftleitung ist gerne bereit, Interessenten eine Lichtpause sowie die eingehende Beschreibung zu vermitteln. Mittels der Darstellungen lassen sich in jedem Einzelfall nicht nur die Leitertemperatur des mittleren Kabels, sondern durch einfache Verbindungsgeraden auch die aller anderen Kabel finden. Man erkennt dann sehr schön, wie die Temperaturen von der Mitte aus zuerst langsam und dann schneller abnehmen. Hier sei nur die Berechnungsgleichung wiedergegeben:

$$\frac{t_{M1} - t_e}{t_{Mm} - t_e} = \frac{N_E + \frac{1}{2}(N_{B(h-1)} + N_{B(h+1)})}{N_E + N_{B(h)}}$$

DK. 621.315.1 : 621.396.44 : 621.396.8

Zur Strahlung von Freileitungen

Die Ausbreitung höherer Frequenzen (200 ... 1200 kHz) auf Leitungen wurde bisher meist vom Gesichtspunkt der leitungsgebundenen Nachrichtenübertragung (EW-Telephonie) betrachtet, wobei in erster Linie das Verhältnis der Leistung am Anfang zur Leistung am Ende der Leitung, also die Dämpfung zu beachten ist. Im Gegensatz hierzu will M. Jensen<sup>1</sup> feststellen, welche Feldstärken sich in größerem Abstand seitlich von der Leitung ergeben, wofür weniger die Dämpfung als die Strahlung maßgebend ist. Diese Strahlung kann einerseits Verbindungen der EW untereinander und den Rundfunkempfang stören, andererseits kann sie unter besonderen geographischen Verhältnissen (Norwegen, Uvdal, 30 km lange 20 kV-Leitung) zur Rundfunkversorgung benutzt werden.

Auf Hochspannungsleitungen können je nach der Zuführung der Hochfrequenz verschiedene Formen elektrischer Wellen entstehen, z. B. zwischen den parallel geschalteten drei Phasen als Hin- und der Erde als Rückleitung (Typ a) oder zwischen einer Phase als Hin- und den beiden anderen

Dabei bezieht sich der Zeiger  $m$  auf das mittlere Kabel,  $i$  auf das  $i$ . Kabel, gerechnet vom mittleren nach Bild 4.

Die 3 Zeiger der Größe  $N_B$  sind ganze Zahlen, wobei  $h = (n - 1)/2$ . Endlich ist in der Erläuterung die allerdings rein akademische Frage angeschnitten: Welche Gesamtstromstärke  $\Sigma I (> n \cdot I)$  könnte man übertragen, wenn man von der Mitte des Bandes ausgehend die Belastung so stufte, daß die Leiter jedes Kabels auf die zulässige Höchsttemperatur kämen, die folgerichtig gleich der vorhin für das mittlere gefundenen  $t_{Lm}$  zu setzen wäre? Das Problem läßt sich nicht in voller Allgemeingültigkeit lösen, überdies wäre ein Betrieb mit so exakt vorgeschriebener Belastungsabstufung nicht einfach zu erreichen und der Gewinn durch die abgestufte Belastung praktisch ohne Bedeutung.

7. Zusammenfassung

Für im Erdboden verlegte Kabel, einzeln und im Band, werden Gleichungen abgeleitet, um die unter verschiedenen Bedingungen zulässige Belastbarkeit zu errechnen. Am Beispiel des 6 kV-Sektorkabels NKBA 3x240 mm² wird die Anwendung erläutert, und die Abhängigkeiten von Kabelzahl, Verlegungstiefe, Kabelabstand, Leitertemperatur sowie Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens werden an Hand von Schaubildern gezeigt.

Übersicht über die wichtigsten Formelzeichen

$e$ für Erde	$L$ für Leiter
$E$ Einzelkabel	$M$ Mantel
$B$ Kabelband	$0$ Normwerte
$a$ Achsenabstand zwischen parallel verlegten Kabeln in m	$H$ wirkliche Verlegungstiefe in m, $\Delta H$ Zuschlag in m
$H'$ rechnerische Verlegungstiefe (Abstand der spiegelnden Grenzfläche von den Kabeln) in m	$I$ Stromstärke in A je Leiter eines Kabels, $I_0$ der gleiche Strom nach den Belastbarkeitstafeln VDE 0255 für einzeln verlegte Kabel
$n$ Anzahl der parallel verlegten Kabel, nur ungerade Zahlen	$t_M$ Außenhalbmesser des Kabels (Mantel) über Jute gemessen in m
$R$ Widerstand in $\Omega/m$ eines der $z$ Kabelleiter bei der Leitertemperatur $t_L$	$z$ Zahl der Leiter im Kabel, die vom Strom $I$ bzw. $I_0$ durchflossen werden
$t_e$ Temperatur des Erdbodens in $^\circ C$ für die Verlegungstiefe bei außer Betrieb befindlichen Kabeln; $t_{e0} = 20^\circ C$ liegt den VDE-Tafeln zugrunde	$t_L$ Temperatur der Kabelleiter in $^\circ C$ , $t_{L0}$ liegt den VDE-Tafeln zugrunde
$t_M$ Temperatur des Kabelmantels in $^\circ C$ , $t_{M1}$ bei $I_0$ , $t_{e0} = 20^\circ C$ und $\lambda_0 = 1,23 \text{ kcal/mh } ^\circ C$	$\lambda$ Wärmeleitfähigkeit des Erdbodens in $\text{kcal/hm } ^\circ C$ ; $\lambda_0 = 1,23 \text{ kcal/hm } ^\circ C$ liegt den Belastbarkeitstafeln des VDE zugrunde
$q$ = $0,86 z R I^2$ im Kabel entstehende Verlustwärme in $\text{kcal/hm}$ ; $q_i$ bei $I_i$	

Phasen als Rückleitung (Typ b). Bei einer Welle nach Typ a strahlt die Leitung am stärksten, besonders wenn die Leitfähigkeit der Erde gering ist. Diese Erregung ist für die Verbreitung des Rundfunks günstig, für EW-Telephonie dagegen ungünstig. Bei Typ b liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt.

Die Strahlung bei Wellen nach Typ a geht hauptsächlich vom Anfangsstück der Leitung aus, das wie eine Beverage-Antenne wirkt. Die Richtung dieses Leitungsstückes ist deshalb auch für die Feldstärke in größerer Entfernung maßgebend. Das Ende der Leitung kann als Empfangsantenne wirken. Dann ist die Dämpfung kleiner als man bei Vernachlässigung der Strahlung errechnet.

Bei einer Anfangsspannung von 80 V (20 W-Sender) wurden 10 km vom Sender entfernt und etwa 3 km seitlich der Leitung bei 200 kHz noch  $100 \mu V/m$  gemessen. Trotzdem ist nach Auffassung des Verfassers diese Art der Rundfunkverbreitung nur in besonders gelagerten Fällen (enge, besiedelte Täler im sonst unbewohnten Land) zu empfehlen.

Vermeidet man Wellen vom Typ a, verwendet man also eine zur Erde symmetrische Anordnung, dann lassen sich gegenseitige Störungen in der EW-Telephonie vermeiden

Roe

<sup>1</sup> M. Jensen : Proc. Instn. electr. Engrs. III, 97 (1950) S. 166; 13 S. 18 B.

## Neuordnung des Patentwesens in Berlin und in der Ostzone

Von Paul Ohrt, Erlangen

DK 347.77 (48)

**Übersicht.** Am 29. 9. 1950 und 1. 10. 1950 sind in Berlin und in der Ostzone Gesetze in Kraft getreten, die für den Erfindungsschutz in diesen Teilen Deutschlands von wesentlicher Bedeutung sind. Die wichtigsten Bestimmungen dieser Gesetze werden mitgeteilt und erläutert.

Mit der Eröffnung des Deutschen Patentamtes in München am 1. 10. 1949 wurde für den Bereich der Bundesrepublik ein entscheidender Schritt für den Wiederaufbau des Patentwesens getan [1]. Weitgehend ungeklärt blieben damals die Verhältnisse in Berlin und in der Ostzone. In beiden Bereichen blieben sämtliche Schutzrechte aus der Zeit vor dem 8. 5. 1945 vorerst unverändert gültig. Vor allem konnten die sogenannten kriegsverlängerten Patente dort nach wie vor geltend gemacht werden. In West-Berlin bestand für neue Erfindungen ein völliges Vakuum, denn die am 1. 10. 1948 und 1. 10. 1949 in der Bundesrepublik in Kraft getretene Regelung für die Anmeldung neuer Schutzrechte galt nicht in Berlin. Man konnte zwar von Berlin aus in München Anmeldungen einreichen, ein Schutz für Berlin war jedoch für die zu erteilenden Schutzrechte vorerst nicht zu erwarten. Die Tätigkeit des im Oktober 1948 für die Ostzone eröffneten „Büros für Erfindungswesen“ erstreckte sich nicht auf West-Berlin. Durch die Ostzonen-Verordnung [2] war schon damals deutlich geworden, daß auch auf dem Gebiet des gewerblichen Rechtsschutzes die Trennung zwischen West und Ost als praktisch vollzogen angesehen werden konnte.

### Berlin (West)

Für die Westsektoren Berlins ist am 29. 9. 1950 ein Gesetz in Kraft getreten [3], durch das die Rechtswirkung der im Bereich der Bundesrepublik geltenden Schutzrechte auf Berlin erstreckt wird. Das bedeutet, daß seit dem 29. 9. 1950 alle vom Deutschen Patentamt in München erteilten und aufrechterhaltenen Schutzrechte auch im Gebiet von Groß-Berlin (Westsektoren) gelten. Es gelten dort aber seit diesem Tage auch nur diese Schutzrechte. Von den alten Schutzrechten können somit in West-Berlin nur noch diejenigen geltend gemacht werden, für die in München ein Antrag auf Aufrechterhaltung des Schutzrechts gestellt ist. Die kriegsverlängerten Patente können seitdem auch in Berlin nicht mehr geltend gemacht werden.

In den Räumen des früheren Patentamtes in Berlin bleibt eine Dienststelle Berlin des Münchener Patentamtes bestehen; sie übernimmt u. a. die Verwaltung der vor Kriegsende bereits erteilten Schutzrechte, für die beim Patentamt in München Aufrechterhaltungsanträge gestellt sind. Anmelder, die in Berlin und in der Ostzone ansässig sind, können über diese Dienststelle Anmeldungen in München einreichen. Im übrigen kann die sogenannte Amtshilfe zwischen dem Patentamt Berlin und dem Patentamt München als gesichert angesehen werden, so daß die in Berlin erhaltenen Unterlagen alter Schutzrechte dem Patentamt in München zur Fortsetzung des Erteilungsverfahrens alter Anmeldungen zur Verfügung stehen.

Die Rechtsverhältnisse in Ost-Berlin werden nachfolgend in Verbindung mit denen in der Ostzone gesondert behandelt.

### Ostzone

Für den Bereich der Deutschen Demokratischen Republik ist am 1. 10. 1950 ein neues Patentgesetz [4] in Kraft getreten, das auf dem Gebiet des Erfindungsschutzes im Osten Deutschlands unter das Alte einen eindeutigen Schlußstrich zieht und auch auf diesem Gebiet umwälzende Veränderungen vornimmt, die sich zwangsläufig aus den bekannten Veränderungen auf allen anderen Gebieten des politischen und wirtschaftlichen Lebens der Ostzone ergeben. Gleichzeitig ist ein Gesetz [5] in Kraft getreten, durch das ein Patentamt für die Deutsche Demokratische Republik errichtet wird, wel-

ches seinen Sitz in Berlin hat. Die von dem neuen Patentgesetz zu erwartenden Auswirkungen lassen sich heute noch nicht übersehen. Trotzdem soll versucht werden, von dem wesentlichen Inhalt des Gesetzes eine erste Vorstellung zu vermitteln. Es wird dabei bewußt darauf verzichtet, die Gesetzesbestimmungen in ihrer Gesamtheit vollständig mitzuteilen und zu erläutern.

Das Gesetz läßt in seinem Aufbau und in der Formulierung deutlich erkennen, daß seine Verfasser das deutsche Patentgesetz von 1936 gut gekannt haben. Ein großer Teil der Bestimmungen des alten deutschen Patentgesetzes ist in das neue Gesetz mehr oder weniger unverändert übernommen worden. Trotzdem ergibt sich als Ganzes eine völlig veränderte Rechtslage, weil einige Abweichungen von dem alten Gesetz von ganz entscheidender Bedeutung sind.

Die wichtigste Änderung besteht darin, daß zwei verschiedene Arten von Patenten erteilt werden können. Es gibt Ausschließungspatente und Wirtschaftspatente. Wir erkennen hier eine enge Anlehnung an das sowjetische Patentgesetz von 1931 [6]; dort gibt es Patente und Urheberscheine. Ausschließungspatente nach dem neuen Ostzonen-Patentgesetz sind Patente, für die, wie schon der Name vermuten läßt, ganz ähnliche Bestimmungen gelten, wie wir sie von Gesetzen westlicher Prägung gewohnt sind. Sie werden aber eine untergeordnete Rolle spielen, weil schon heute übersehbar ist, daß die Wirtschaftspatente zahlenmäßig bei weitem überwiegen werden. Die Gesetzesbestimmung, daß für alle Erfindungen, die im Zusammenhang „mit der Tätigkeit des Erfinders in einem volkseigenen Betrieb, einem staatlichen Forschungsinstitut oder in anderen öffentlichen Einrichtungen oder mit staatlicher Unterstützung“ gemacht werden, nur Wirtschaftspatente erteilt werden können, hat zur Folge, daß praktisch alle aus der Industrie der Ostzone kommenden Erfindungen dem Wirtschaftspatent vorbehalten sind. Es kommt hinzu, daß Ausschließungspatente in Wirtschaftspatente umgewandelt werden können, nicht aber umgekehrt. Die Umwandlung geschieht auf Antrag des Patentinhabers oder aber, wenn „eine volkswirtschaftliche, soziale oder kulturelle Notwendigkeit für die Benutzung einer durch Ausschließungspatent geschützten Erfindung“ vorliegt. Es ist anzunehmen, daß von dieser Bestimmung wesentlich häufiger Gebrauch gemacht wird, als dies bei der in gewisser Hinsicht vergleichbaren Zwangslizenz des westdeutschen Patentgesetzes der Fall ist. Nimmt man noch die Bestimmung hinzu, nach der die Patentgebühren bei Wirtschaftspatenten niedriger sind als bei Ausschließungspatenten, und Stundung oder Erlaß von Gebühren nur für Wirtschaftspatente vorgesehen sind, so kann kein Zweifel darüber bestehen, daß das Wirtschaftspatent ebenso überwiegen wird wie der Urheberschein des Sowjet-Patentgesetzes. Die Gesetzesbestimmung, daß die Wahl der Art des Patentes grundsätzlich dem Patentinhaber freisteht, darf darüber nicht hinwegtäuschen.

Bei einem Wirtschaftspatent steht die Befugnis zur Benutzung der durch das Patent geschützten Erfindung nicht allein dem Patentinhaber zu, der im allgemeinen mit dem Erfinder identisch ist, sondern daneben auch demjenigen, dem die Befugnis durch das Patentamt erteilt wird. An dieser Stelle setzt eine der Funktionen ein, die der beim Patentamt neu einzurichtenden „Wirtschaftsabteilung“ zukommt. Auch hier haben wir es mit einer Einrichtung zu tun, die dem Sowjet-Patentgesetz entnommen ist. Die uns geläufigen Aufgaben der Neuheitsprüfung, Erteilung und Verwaltung von Patenten, Beschwerde- und Nichtigkeitsverfahren werden wie beim Deutschen Patentamt in München von der Patentabteilung des Patentamtes übernommen. Die daneben bestehende Wirtschaftsabteilung hat demgegenüber die Aufgabe der „Organisation und Aktivierung des Erfindungswesens“ sowie „der Beratung von Erfindern und Betrieben“ und ferner der

„Prüfung von Erfindungen auf Nutzbarmachung“ sowie „Lenkung, Einleitung und Kontrolle der Nutzung“. Dieser neuen Einrichtung liegt der Gedanke zugrunde, daß der Staat nicht nur die Patentfähigkeit von Erfindungen prüfen und danach Patente erteilen, sondern daß er darüber hinaus dafür sorgen soll, daß die Frage der Nutzbarmachung geprüft und bei positivem Ergebnis dieser Untersuchung dafür gesorgt wird, daß die Erfindung tatsächlich benutzt wird. Zu dem Zweck erhalten die zuständigen Ministerien von der Wirtschaftsabteilung über die zur Nutzung vorgesehenen Erfindungen Auswertungsunterlagen und veranlassen nach etwaiger Erprobung die Nutzung. Die Ministerien geben der Wirtschaftsabteilung Bericht über die veranlaßten Maßnahmen. Bei Wirtschaftspatenten geschieht dies automatisch, bei Ausschließungspatenten nur mit Zustimmung des Patentinhabers. Durch die Tätigkeit der Wirtschaftsabteilung übernimmt der Staat einen großen Teil der Aufgaben, die in anderen Staatswesen der freien Wirtschaft überlassen bleiben. Es ist dies eine notwendige Folge aus der Tatsache, daß der größte Teil der Wirtschaft volkseigen geworden ist.

Abweichend von dem westdeutschen Patentgesetz regelt das Patentgesetz der DDR auch die Fragen der Erfindervergütung und der Angestellten-erfindungen. Es wird grundsätzlich vorgeschrieben, daß der zur Benutzung einer Erfindung Befugte dem Patentinhaber eine Vergütung zu zahlen hat, deren Höhe sich unter Würdigung der erfinderischen Leistung nach dem Nutzen der Erfindung und nach den Aufwendungen für die Entwicklung der Erfindung richtet. Die Vergütung kann in einer einmaligen Zahlung (Abfindung) oder in laufenden Zahlungen bestehen. Übertrifft der Nutzungswert einer Erfindung wesentlich die bei der Bemessung einer Erfindung zugrunde gelegten Berechnungen, so können dem Patentinhaber durch Entscheidung des Patentamtes weitere Vergütungen zuerkannt werden. Interessant ist, daß mit Zahlung einer Abfindung die Rechte und Pflichten in der Person des Patentinhabers erlöschen und von dem fachlich zuständigen Ministerium wahrgenommen werden. Zur Schlichtung von Vergütungsstreitigkeiten bei Wirtschaftspatenten werden bei der Wirtschaftsabteilung Schlichtungsstellen gebildet. Für Erfindungen, die in staatlichen Einrichtungen, insbesondere volkseigenen Betrieben, entstanden sind, ist vorgeschrieben, daß sie vom Erfinder dem Betrieb bekanntgegeben werden müssen. Wenn der Erfinder „trotz Belehrung durch den Betrieb“ von einer Patentanmeldung absieht, kann der Betrieb über das fachlich zuständige Ministerium ein Wirtschaftspatent beantragen. Rechte und Pflichten aus Wirtschaftspatenten dieser Art werden von dem zuständigen Ministerium wahrgenommen. Dies gilt auch für solche Wirtschaftspatente, auf die der Patentinhaber verzichtet, sowie für Patente, die „aus anderen in der Person des Patentinhabers liegenden Gründen“ erlöschen würden.

Zusammenfassend kann zu dem Wirtschaftspatent gesagt werden, daß es in dem Gesamtstaat etwa die gleiche Rolle spielt wie ein auf eine Angestellten-erfindung erteiltes Patent innerhalb des Betriebes, dem der Erfinder angehört. Der Erfinder hat dem Staat zu melden. Der Staat hat die Möglichkeiten der Nutzbarmachung zu prüfen und bei Benutzung dem Erfinder eine Vergütung zu zahlen. Der Erfinder ist gewissermaßen Angestellten-erfinder des Staates.

Neben diesen wesentlichen Neuerungen ist noch zu erwähnen, daß es kein Einspruchsverfahren gibt, Patente also nach der Neuheitsprüfung durch das Patentamt erteilt werden. Einwände von Dritten gegen die Patentfähigkeit können nur im Nichtigkeitsverfahren geltend gemacht werden. Einen gewissen Ausgleich für das weggefallene Einspruchsverfahren schafft das dem Nichtigkeitsverfahren vorgeschaltete „Berichtigungsverfahren“, das es dem Patentinhaber ermöglicht, eine andere Fassung der Ansprüche und der Beschreibung von sich aus zu beantragen und dabei auch Fragen des Schutzzumfanges zu klären. Wichtig ist schließlich noch das beim Patentamt zu errichtende „Patentgericht“, das für alle Klagen in Patentstreitigkeiten zuständig ist. Beru-

fungsinstant für das Patentgericht ist das Oberste Gericht der DDR. Das Patentgericht ist auch zuständig für Streitigkeiten über Vergütungsfragen, falls eine der Parteien den Spruch der Schlichtungsstelle der Wirtschaftsabteilung nicht annehmen will. Eine neue Einrichtung des Ostzonen-Patentamtes ist das „Büro der Erfinder“. Es soll den Erfindern die Erlangung, Geltendmachung und Anfechtung von Patenten mit geringem oder gegebenenfalls ohne Kosten aufwand ermöglichen. Es wird aus technisch qualifizierten und rechtskundigen Angestellten gebildet, die Anmeldeunterlagen und Schriftsätze ausarbeiten und den Erfinder vor dem Patentamt vertreten können. Es läßt sich noch nicht ganz übersehen, ob damit der Patentanwalt in der Ostzone als praktisch abgeschafft angesehen werden kann.

Für Altpatente und Altanmeldungen enthält das Gesetz Bestimmungen, die denen des Überleitungsgesetzes der Bundesrepublik sehr ähnlich sind. Bis zum 31. 3. 1951 muß von dem „derzeit berechtigten“ Inhaber eines Altpatentes ein Antrag gestellt werden, wenn das Schutzrecht weiterhin geltend gemacht werden soll. Das gleiche gilt für Altanmeldungen, für die ein Patent noch nicht erteilt war. In beiden Fällen sind entsprechende Gebühren zu zahlen. Wichtig ist, daß bei enteigneten Unternehmen der Antrag von dem Inhaber zu stellen ist, auf den das Unternehmen übergegangen ist, und daß „Monopolorganisationen“ sowie „Kriegsverbrecher und aktive Nationalsozialisten“ für ihre Schutzrechte keine Anträge stellen können.

Um die besonderen Verhältnisse zu berücksichtigen, die durch die patentamtslose Zeit zwischen Kriegsende und 1948 gegeben waren, enthält auch das Ostzonen-Patentgesetz ähnlich wie das Überleitungsgesetz gewisse Schutzvorschriften für Erfindungen, die zwischen dem 1. 7. 1944 und dem 1. 1. 1949 entstanden sind und für die bis spätestens zum 31. 12. 1950 eine Anmeldung eingereicht wurde. Abweichend vom Überleitungsgesetz spielt nicht nur der Zeitpunkt der Niederlegung der Erfindung eine Rolle, sondern auch der Zeitpunkt, in dem die Erfindung „zuerst zur Benutzung zur Verfügung gestellt“ wurde.

Eine wichtige Übergangsbestimmung besteht darin, daß aus Patenten, die das 18. Jahr ihrer Laufdauer überschritten haben, keine Rechte mehr geltend gemacht werden können. Das bedeutet, daß nunmehr auch in der Ostzone die kriegsverlängerten alten Patente nicht mehr geltend gemacht werden können.

Am Schluß des Gesetzes werden alle früheren Gesetze und Verordnungen des gewerblichen Rechtsschutzes aufgezählt, die mit Inkrafttreten des neuen Gesetzes außer Kraft gesetzt werden. Auffallend ist, daß das Gebrauchsmustergesetz und das Warenzeichengesetz in dieser Liste nicht aufgeführt sind. Es darf angenommen werden, daß für diese beiden Gebiete, insbesondere für das Warenzeichengebiet, noch eine besondere Regelung getroffen wird.

### Berlin (Ostsektor)

Kurze Zeit nach der Veröffentlichung des Patentgesetzes der Deutschen Demokratischen Republik hat der Magistrat von Groß-Berlin (Ost) eine Verordnung erlassen [7], durch die die Gültigkeit des Patentgesetzes der DDR auf das Gebiet von Groß-Berlin erstreckt wird. Die Verordnung ist am 17. 10. 1950 veröffentlicht, tritt aber schon mit Wirkung vom 1. 10. 1950, also am gleichen Tage wie das Ostzonen-Patentgesetz in Kraft. Alle bei dem Ostzonen-Patentamt angemeldeten, erteilten und aufrecht erhaltenen Patente sind demnach auch in Ost-Berlin rechtswirksam. Das Ostzonen-Patentamt, das Patentgericht und das Oberste Gericht der Deutschen Demokratischen Republik sind, soweit es sich um Patentstreitigkeiten handelt, auch für Ost-Berlin zuständig.

Es sei hier darauf hingewiesen, daß im Text der beiden Erstreckungsgesetze, die von dem West-Berliner und dem Ost-Berliner Magistrat erlassen sind, als Geltungsbereich „Groß-Berlin“ angegeben ist. Das bedeutet, daß formell für ein- und dasselbe geographische Gebiet zwei voneinander grundverschiedene Gesetze für gültig erklärt sind. Tatsäch-

lich wirksam ist unter den derzeit gegebenen Verhältnissen naturgemäß für die Westsektoren nur das Erstreckungsgesetz des West-Berliner Magistrats und somit das Gesetz der Bundesrepublik und für den Ostsektor Berlins nur das Erstreckungsgesetz des Ost-Berliner Magistrats und damit das Gesetz der Deutschen Demokratischen Republik.

#### Schrifttum

- [1] P. Ohrt: Wiederaufbau des deutschen Patentwesens. ETZ 71 (1950) S. 60.  
 [2] „Anordnung über die Errichtung einer Patent-, Gebrauchsmuster- und Warenzeichen-Anmeldestelle im Büro für Erfindungswesen“ vom 15. 9. 1948, Bl. Patent-, Must. u. Zeichenwes. 1948, S. 33.

- [3] „Gesetz über die Rechtswirkung der im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland geltenden gewerblichen Schutzrechte in Groß-Berlin“ vom 20. 9. 1950, Verordnungsblatt für Groß-Berlin, Teil 1, Nr. 60, vom 28. 9. 1950, ferner GRUR 1950, S. 514.  
 [4] „Patentgesetz für die Deutsche Demokratische Republik“ vom 6. 9. 1950, Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik 1950, Nr. 106 vom 16. 9. 1950, S. 989, ferner GRUR 1950, S. 514.  
 [5] „Gesetz über die Errichtung eines Amtes für Erfindungs- und Patentwesen in der Deutschen Demokratischen Republik“ vom 6. 9. 1950, Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik 1950, Nr. 106, vom 16. 9. 1950, S. 1000, ferner GRUR 1950, S. 523.  
 [6] H. Kirchoff: Der Erfindungsschutz in der Sowjetunion. Technik Bln., 1 (1946) S. 99.  
 [7] „Verordnung über Patente“ vom 9. 10. 1950, Verordnungsblatt für Groß-Berlin, 6. Jahrgang, Teil 1, Nr. 51 vom 17. 10. 1950, S. 308; vgl. auch Bl. Patent-, Must.- u. Zeichenwes. 1950, S. 305.

## Die Untersuchung der Werkstoffwanderung bei elektrischen Kontakten

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin)

Von H. E. Linckh, Berlin

DK 637.311.8 : 621.3.064

**Übersicht.** Die Kontaktuntersuchungen dienen dem Ziel, an Stelle der bisher für Feinkontakte verwendeten Edelmetalle der Platingruppe neue Werkstoffe zu finden. Die Versuche zeigen das grundsätzliche Verhalten der verschiedensten Metalle und Legierungen bei den auftretenden elektrischen Beanspruchungen. Durch den in der flüssigen Metallbrücke auftretenden Thomsoneffekt wird die Wanderung erklärt. Als geeignete Werkstoffe werden die Zweistofflegierung Gold-Nickel 5 und die Dreistofflegierung Gold-Silber-Nickel empfohlen.

#### Aufgabe der Kontaktuntersuchungen

Die technische Entwicklung führt in immer steigendem Maße zu selbsttätigen Steuerungen und Regelungen und damit zur zunehmenden Verwendung von Geräten, die mit elektrischen Kontakten arbeiten. Um diese Entwicklung zu fördern und um die beim Schaltvorgang an den Kontakten auftretenden Erscheinungen zu klären, wurden bei der PTR Kontaktversuche unternommen<sup>1</sup>, die zugleich das Ziel hatten, geeignete neue Werkstoffe zu finden und die bisher vorzugsweise verwendeten Werkstoffe aus Edelmetallen, insbesondere der Platingruppe, zu ersetzen und zu verbessern. Die Platinmetalle wurden besonders in der Zusammensetzung Pt-Ir und Ag-Pd in Geräten der Fernmelde- und Nachrichtentechnik, aber auch für Zwecke der Fernregeltechnik (automatische Regelung und Steuerung) überall dort verwendet, wo unbedingte Betriebssicherheit notwendig war. Hierzu war zunächst erforderlich, daß die Werkstoffe hinreichend korrosionsbeständig gegen die Einflüsse der Atmosphäre (Temperatur und Feuchtigkeit, Schwefel usw.) waren. Die Bedingung konnte für extreme Anforderungen praktisch nur durch Edelmetalle erfüllt werden. Gleichzeitig mußte aber beim Betrieb der Kontakte sichergestellt sein, daß ihre Abnutzung und überhaupt die Veränderung ihrer Oberfläche beim Betrieb so gering bleibt, daß die Funktion des Gerätes sich nicht verändert. Der Werkstoff soll daher einerseits überhaupt durch den Schaltvorgang möglichst wenig angegriffen werden, andererseits soll die sogenannte Werkstoffwanderung klein bleiben, d. h. der Werkstofftransport, der bei Gleichstrombetrieb von einer Elektrode auf die andere stattfindet<sup>2</sup>. Aus dem Verwendungszweck der Kontakte als Schaltglied von ausgesprochenen Feinrelais ergab sich weiter die Bedingung, daß die Schaltleistung nur mäßig groß zu sein braucht. Insbesondere erstreckte sich die Anwendung solcher Edelmetallkontakte des Preises wegen nicht auf die Starkstromtechnik, bei der genügend große Kontaktkräfte zur Verfügung stehen und durch die Konstruktion der Schaltelemente dafür gesorgt werden kann, daß z. B. eine reibende Bewegung der Kontaktflächen gegeneinander die Oberfläche reinigt und allzu störende Folgen der Werkstoffwanderung unterdrückt.

#### Lichtbogengrenze

Da die Art der Geräte mit Feinkontakten sehr verschiedenartig und vielfach ist, hätte eine allgemeine Erprobung eine so umfangreiche Versuchsarbeit ergeben, daß von diesem Weg abgesehen und statt dessen Grundlagenversuche angestellt wurden, und zwar nur mit Gleichstrom und möglichst weitgehend induktions- und kapazitätsfreien Schaltkreisen. Je nach der Höhe der beim Schalten an den Kontakten auftretenden Spannung verhält sich nämlich der Kontakt ganz verschieden. Ist die Spannung so niedrig, daß eine Ionisation der Schaltstrecke nicht eintreten kann, oder ist die Stromstärke entsprechend niedrig, so reißt beim Schalten der entstehende Funke kurz ab und kann nicht zum Lichtbogen werden. In diesem lichtbogenfreien Gebiet ist der Werkstoffverlust durch Abbrand und Verdampfen im allgemeinen sehr klein. Man bezeichnet daher auch die Wanderung im lichtbogenfreien Gebiet als „Feinwanderung“ im Gegensatz zur „Grobwanderung“ im Lichtbogengebiet. Ein weiterer Unterschied ist der, daß die Werkstoffwanderung in der Regel im lichtbogenfreien Gebiet von der Anode zur Kathode erfolgt, während im Lichtbogengebiet die Wanderungsrichtung umgekehrt ist. Ausnahmen von dieser Regel kommen allerdings vor, sind aber selten. Man könnte nun auf den Gedanken kommen, den Arbeitspunkt auf die Grenze zwischen Lichtbogengebiet und lichtbogenfreiem Gebiet zu legen, so daß sich die Wanderung gerade aufhebt. Dies ist aber praktisch unmöglich, da die Lichtbogengrenze nicht eindeutig festliegt, sondern sich während des Betriebes verändert; sie verschiebt sich bei Betrieb mit dem Grenzstrom zu höheren Stromstärken.

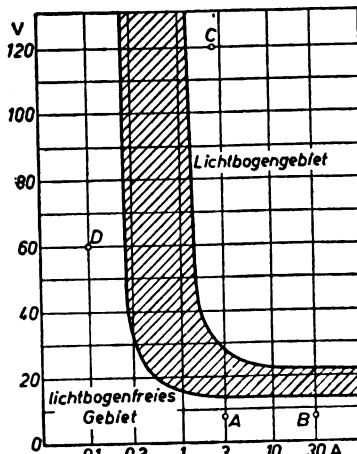


Bild 1. Verlauf des Lichtbogengrenzgebietes.

Diese als „Formierung“ bezeichnete Erscheinung wurde näher untersucht. Es ergab sich aus einigen Versuchsreihen an edlen und unedlen Werkstoffen, daß offenbar die Formierung umso stärker wird, je unedler der Werkstoff ist. Dies deutete auf einen Einfluß der Atmosphäre auf die Oberfläche der Kontakte hin in der Weise, daß sich z. B. durch Oxydation die Oberfläche verändert. Ein bei Graphit unternommener Versuch ergab, dieser Auffassung entsprechend, keine meßbare Formierung, da Kohlenstoff keine

<sup>1</sup> Die Versuche wurden in den Jahren 1939 bis 1945 bei der PTR in Charlottenburg und Weida durchgeführt.  
<sup>2</sup> Vgl. R. Holm: Die Physik der elektrischen Kontakte. Verlag Julius Springer, Berlin 1941.

festen Oxyde bildet. Weitere Versuchsreihen wurden in Wasserstoff als Schutzgas angestellt. Sie zeigten zwar noch kein völliges Verschwinden der Formierung, doch war sie wesentlich geringer.

Einen Anhaltspunkt über den Verlauf des Lichtbogen-grenzgebietes gibt Bild 1, in dem in logarithmischer Darstellung in Abhängigkeit von der Stromstärke die am offenen Kontakt vorhandene Spannung aufgetragen ist. Die zwischen den beiden Kurven liegende schraffierte Fläche gibt das Lichtbogenrenzgebiet an, in dem bei den üblichen metallischen Werkstoffen etwa der Grenzübergang vom lichtbogenfreien Schalten zum Lichtbogenbetrieb stattfindet. Bei systematischer Formierung, d. h. bei längerem Lichtbogenbetrieb dicht an der Lichtbogenrenzgrenze kann sich je nach dem Werkstoff die Lichtbogenrenzgrenze auf das Doppelte und mehr des umformierten Grenzstromes verschieben.

**Versuchsbedingungen**

In Bild 1 sind 4 ausgewählte Betriebspunkte A ... D eingetragen, bei denen die Kontaktwanderung gemessen wurde. Bei Punkt A und B arbeiten die Kontakte mit 8 V, d. h. in einem Spannungsgebiet, das sicher unterhalb der Ionisationsgrenze liegt. Die Strombelastung mit 3 A (Punkt A) ist etwa die obere Grenze der häufig vorkommenden Belastungsfälle. Die Strombelastung 30 A (Punkt B) stellt einen sehr selten vorkommenden Grenzfall größter Belastung dar. Die Werkstoffe verhielten sich bei den Versuchen zu Punkt A und B teilweise gleichartig, ein großer Teil der Werkstoffe aber durchaus verschieden. Diese Unterschiede in der Wanderung bei gleicher Spannung von 8 V, aber wesentlich verschiedenem Strom sind begründet in der bei 30 A ungleich stärkeren thermischen Beanspruchung der Metalle, die je nach der Werkstoffzusammensetzung sich günstig oder ungünstig auswirken kann.

Ein weiterer Versuchspunkt D liegt im lichtbogenfreien Gebiet bei 60 V Betriebsspannung und einer Stromstärke von 0,1 A; er entspricht häufig vorkommenden Betriebsverhältnissen.

Die bei den Versuchspunkten A, B und D im lichtbogenfreien Betrieb verwendete Meßapparatur ist in Bild 2 dargestellt. Bei den Versuchen muß unbedingt ein mechanisches „Prellen“ des Kontaktes vermieden werden. Deshalb wurde der in einer Eisenschraube E gefaßte Kontakt auf einer fest eingespannten Stahlfeder F befestigt. Die Eigenfrequenz dieses schwingungsfähigen Systems war durch Abgleichen der Einspannlänge auf 100 Hz abgeglichen, so daß bei Erregung einer auf die Eisenschraube wirkenden Magnetspule M mit Wechselstrom der Frequenz 50 Hz (100 Impulse je s) der Kontakt genau mit seiner Eigenfrequenz schwingen mußte und nicht prellen konnte. Durch Beleuchtung des Kontaktes mit einem einfachen stroboskopischen Gerät konnte das einwandfreie Arbeiten während des Betriebes überwacht werden. Für die Untersuchung des Lichtbogenverhaltens ist schließlich der Versuchspunkt C bei 120 V und 2,5 A gewählt. Die Wanderung ist beim Lichtbogenbetrieb von der Kathode zur Anode gerichtet; außerdem tritt im Gegensatz zur Wanderung bei lichtbogenfreiem Schalten ein nicht unerheblicher Verschleiß durch Verdampfen und Versprühen des Werkstoffes auf. Wie Bild 9 (Oszillogramme 10 und 12) zeigt, kann jedoch trotz Wahl des Betriebspunktes im Lichtbogengebiet in einzelnen Fällen der Bogen gelegentlich vollständig aussetzen oder vorzeitig abreißen, offenbar infolge des „Formierens“ der Kontakte.

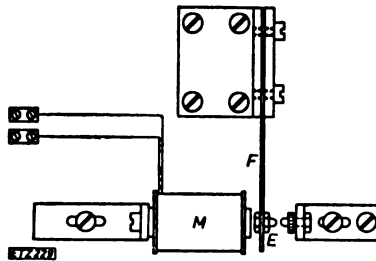


Bild 2. Resonanzrelais zur Untersuchung der Feinwanderung.  
E Eisenschraube, F Blattfeder, M Magnetspule

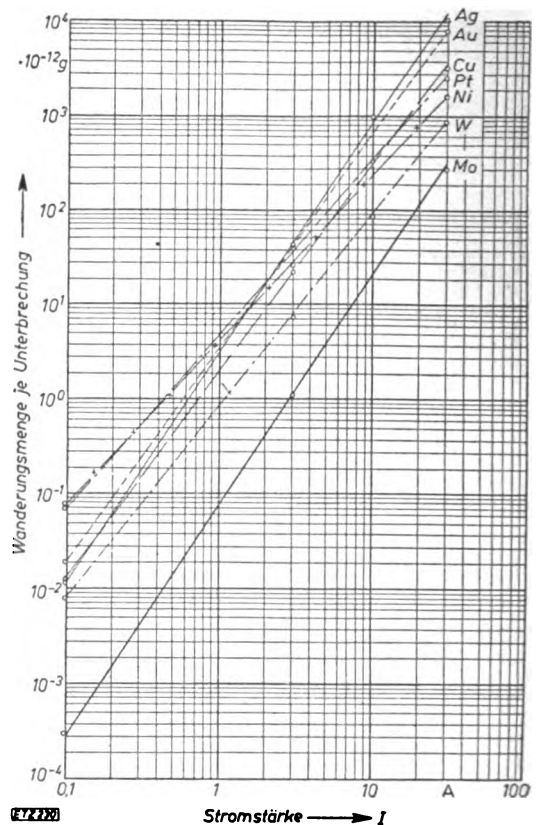


Bild 3. Wanderungsmenge der Anode für verschiedene Werkstoffe, abhängig vom Strom bei lichtbogenfreiem Betrieb mit 8 V.

**Versuchsergebnisse bei der Feinwanderung**

In Bild 3 sind die Wanderungsmengen der Anode bei 8 V Betriebsspannung in doppelt logarithmischen Maßstab für verschiedene Stromstärken I aufgetragen. Tafel 1 enthält die Meßergebnisse, und zwar sind die durch Wägung ermittelten Gewichtsabnahmen der Anode für die in der Zahlentafel aufgeführten Belastungen jeweils auf 1 Unterbrechung (1 Kontaktschluß) umgerechnet. Die eingeklammerten Zahlen geben dabei an, aus wieviel Versuchsreihen die Werte gemittelt sind. Setzt man die Wanderungsmenge zu  $G = c I^n$  an, so lassen sich die in Tafel 1 angegebenen Exponenten n ermitteln, die zwischen  $n = 1,8$  und  $n = 2,4$  liegen; hiermit lassen sich die der Messung wegen der zu kleinen Wanderungsmengen nicht mehr zugänglichen Werte beim Strom 0,1 A errechnen. Eine Gegenüberstellung dieser errechneten Werte mit den bei 0,1 A, 60 V gemessenen Zahlen zeigt den Einfluß der Spannung auf die Wanderung. Die

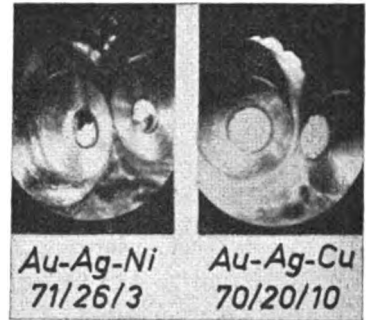
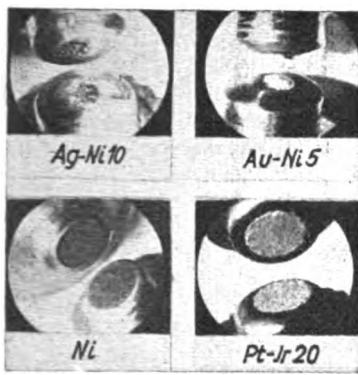
Tafel 1. Wanderung verschiedener Werkstoffe.

Gewichtsabnahme G der Anode in  $10^{-12}$  g je Unterbrechung (die eingeklammerten Zahlen geben die Anzahl der Versuche an, aus denen der Mittelwert gebildet wurde)

Versuchsbedingungen			Werkstoffe						
V	A	h	Ag	Au	Pt	Cu	Ni	W	Mo
8	30	2	10500 (11)	7500 (3)	2780 (3)	3370 (4)	1710 (4)	790 (26)	320 (3)
8	10	5	1030 (2)	—	—	—	350 (2)	83 (2)	—
8	3	120	39 (11)	41 (34)	39 (2)	24 (3)	28 (3)	6,7 (23)	1,2 (4)
8	0,5	1000	0,3 (2)	—	—	—	0,3 (2)	0,3 (2)	—
Potenzexponent n*			2,4	2,3	1,9	2,1	1,8	2,1	2,4
Wanderungskonstante c†			2,7	3,5	5,2	2,3	4,0	0,7	0,09
8	0,1	—**	0,01	0,02	0,07	0,02	0,07	0,006	0,0003
60	0,1	1000	3,3 (5)	3,1 (9)	1,7 (2)	—	—	0,7 (2)	—

\* berechnet aus den Versuchen bei 30 A und bei 3 A.  
† entspricht der Gewichtsabnahme bei 8 V, 1 A.  
\*\* Werte sind zu  $G = c \cdot 0,1^n$  berechnet.





ETZ 231  
Bild 4. Gleichmäßiger Werkstoffangriff bei der Feinwanderung; oben 3 A, unten 30 A.

ETZ 232  
Bild 5. Spitzenbildung bei der Feinwanderung; 8 V, oben 3 A, unten 30 A.

ETZ 233  
Bild 6. Feinwanderung bei Au-Ag-Dreistofflegierungen; 8 V, 3 A.

beim lichtbogenfreien Schalten (Versuchspunkte A, B und D) auftretende Wanderungsform ist in den Bildern 4 bis 6 für einige typische Beispiele dargestellt. Bild 5 zeigt die Spitzen- bzw. Stiftbildung, die bei Feinrelais mit geringer Kontaktkraft besonders gefährlich ist, da sie zum Verhaken und Verschweißen der Kontakte führen kann. Als Beispiele sind bei 3 A (Punkt A) zwei Edelmetalllegierungen angeführt: das als Kontaktwerkstoff, wie man sieht, nicht ganz mit Recht so beliebte PtIr 20 sowie eine sog. Hartgoldlegierung, bei der durch geringe Edelmetallzusätze die notwendige Härtung herbeigeführt ist. Bei 30 A sind die beiden Ag-Sinterlegierungen AgNi 10 und AgW 60 als Vertreter der sehr starken Stiftbildung an der Kathode abgebildet. Im Gegensatz hierzu sind in Bild 4 bei 3 A Belastung AgNi 10 und AuNi 5, bei 30 A Ni und PtIr 20 als Beispiele eines gleichmäßigen Werkstoffangriffs und damit für die angegebenen Betriebsbedingungen als günstige Werkstoffe gezeigt. Bild 6 zeigt weiter zwei Dreistofflegierungen auf Au-Ag-Basis. Der Goldgehalt ist dabei so gewählt, daß die Resistenzgrenze noch eingehalten wird. Während die Au-Ag-Cu-Legierung sich ausgezeichnet bewährt, ergibt sich bei der Au-Ag-Ni-Legierung eine Spitze auf der Kathode, die die Legierung als ungeeignet erscheinen läßt.

Die in Bild 4 gezeigte Legierung AuNi 5 nimmt im übrigen eine besonders interessante Stellung unter den Kontaktwerkstoffen ein. Dies ist an Bild 7 erläutert. Bei reinem Gold (0% Ni) verläuft die Wanderung noch normal von der Anode weg; sie nimmt mit steigendem Ni-Gehalt sehr rasch ab und kehrt (bei 3 A) oberhalb 5% Ni ihre Richtung um, die Wanderung geht nun von der Kathode aus, um nach Erreichen eines Maximums wieder abzunehmen. Bei reinem Ni ist die Wanderungsrichtung wieder normal von der Anode weg. Bei 5% Ni ist die Wanderung praktisch Null. Die Legierung AuNi 5 ist daher hinsichtlich der Wanderung das

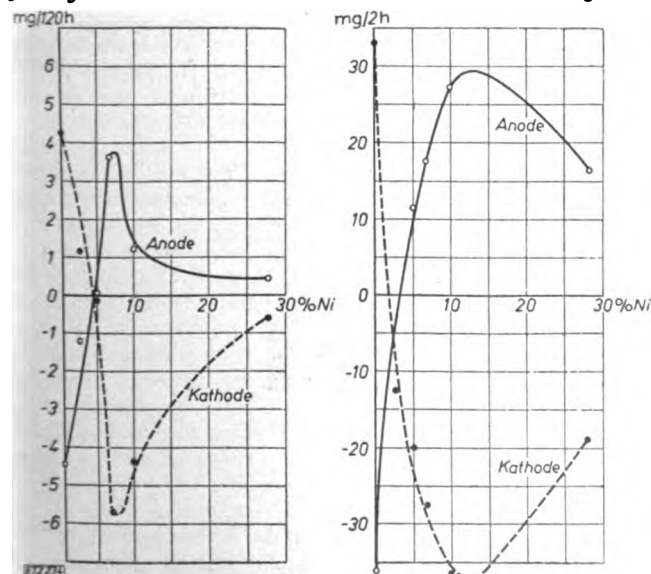


Bild 7. Wanderung beim Legierungssystem Au-Ni.

Optimum, das sich überhaupt erreichen läßt. In ganz ähnlicher Weise ist das Verhalten bei 30 A; auch hier kehrt die Wanderung in der Gegend von 5% Ni-Gehalt um, um bei höherem Ni-Gehalt ebenfalls nach einem Maximum wieder abzunehmen.

Einen vollständigen Überblick über das Verhalten der Legierungsreihe AuPt gibt Bild 8 mit der zugehörigen Tafel 2. Hier sind für alle 4 Versuchsfälle A bis D die Wanderungsmengen der Anode je Kontaktunterbrechung über dem Pt-Gehalt der Legierung aufgetragen. Bei allen 4 Versuchsreihen tritt zwischen 10 und 30% Pt-Gehalt ein Maximum der Wanderung auf, das mit steigendem Pt-Gehalt wieder abfällt. Die Wanderung kehrt sich aber nicht um wie bei der Legierungsreihe AuNi. Das Bild 8 vermittelt zugleich einen Überblick darüber, wie sich die Werkstoffwanderung mengenmäßig bei den einzelnen Versuchsfällen verhält, und zeigt, wie stark sie von der Art der Belastung abhängt. Die in der Praxis mitunter angewandte Faustregel, die Kontaktbedingungen bei gleicher Schalteistung der Kontakte als gleichwertig anzunehmen, trifft offenbar keinesfalls für den gesamten Arbeitsbereich auch nur annähernd zu und darf allenfalls für kleine Bereiche als Anhaltspunkt genommen werden, sofern die Lichtbogengrenze nicht überschritten wird.

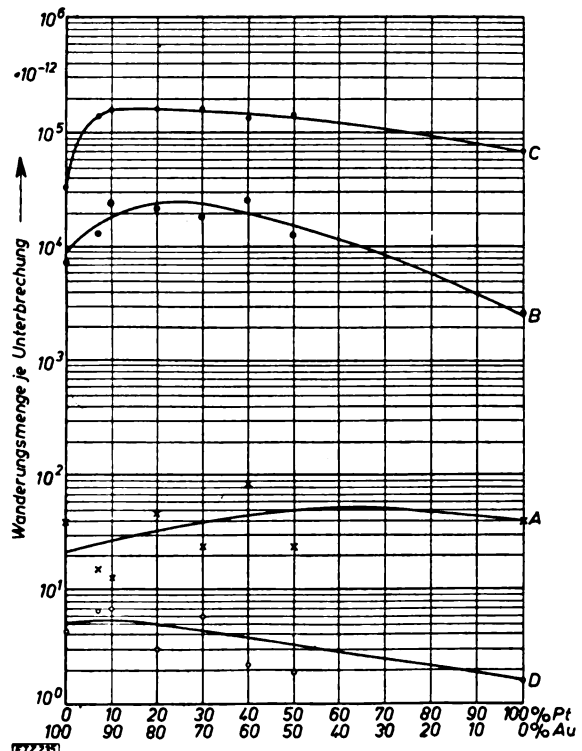
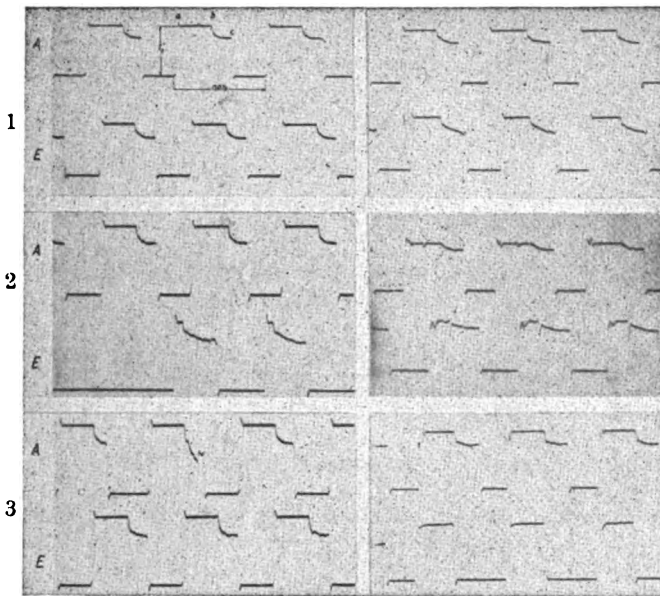


Bild 8. Wanderung beim Legierungssystem Au-Pt.  
Gewichtsabnahmen in  $10^{-12}$  g:  
A der Anode bei 8 V, 3 A      C der Kathode bei 120 V, 2,5 A  
B der Anode bei 8 V, 30 A    D der Anode bei 60 V, 0,1 A



ETZ 236  
 $i_k$  Kurzschlußstrom

a Arbeitskontakt schließt  
b Arbeitskontakt öffnet  
c Lichtbogen verlöscht

- Osz. 1. Geringer Abbrand (W)
- Osz. 2. Mittlerer Abbrand (Lg. 55)
- Osz. 3. Starker Abbrand (Lg. 28)
- Osz. 8. Änderung des Übergangswiderstandes (Lg. 68)
- Osz. 10. Unregelmäßige Dauer und gelegentl. Aussetzen des Lichtbogens bei Versuchsbeginn (Pt Ir 80/20)
- Osz. 12. Vollständiges Aussetzen des Lichtbogens nach etwa 1 h Betriebszeit (Lg. 72)

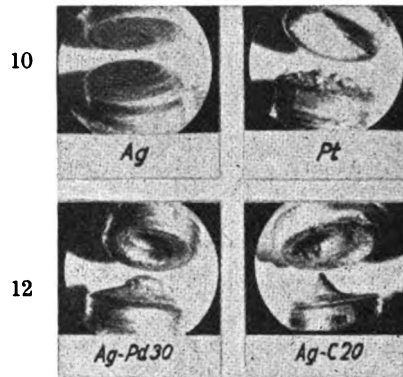
Bild 9. Stromverlauf bei der Grobwanderung am Anfang (A) und Ende (E) der Versuchsdauer.

**Versuchsergebnisse bei der Grobwanderung**

Für die Grobwanderungsmessungen im Lichtbogengebiet konnte die in Bild 2 dargestellte Apparatur nicht verwendet werden, da der Lichtbogen hierbei nicht gelöscht werden kann. Deshalb wurde ein für die Zündung von Verbrennungsmotoren gebautes Unterbrechegerät verwendet, bei dem mittels eines umlaufenden Nockens zwei Kontaktanordnungen zwangsläufig geöffnet und geschlossen werden, die relativ zueinander so eingestellt werden können, daß die eine Kontaktanordnung sich erst dann öffnet, wenn die andere sich bereits einige Zeit geöffnet hat. Damit war es möglich, den im Oszillogramm 1 des Bildes 9 eingezeichneten Schaltverlauf herbeizuführen. Die eine Kontaktanordnung schließt zum Zeitpunkt a den Kontaktstromkreis, wobei die andere in Reihe liegende Kontaktanordnung ebenfalls bereits geschlossen ist. Die Kurzschlußstromstärke  $i_k$  fließt bis zu dem Zeitpunkt b, in dem der Arbeitskontakt sich zu öffnen beginnt. Der Lichtbogen beginnt zu brennen; die Stromstärke nimmt ab, wobei die Bogenlänge jeweils etwas mit der wachsenden Bogenlänge beim Auseinanderziehen der Kontakte zunimmt, der Strom infolgedessen etwas fällt. Zum Zeitpunkt c öffnet sich die zweite Kontaktanordnung und löscht damit den Bogen des Arbeitskontaktes. Das ganze Kontaktspiel verläuft in 0,01 s.

In Bild 9 sind jeweils zwei zusammengehörige Oszillogramme am Anfang (A) und am Ende (E) des zwei Stunden dauernden Versuches wiedergegeben. Nach dem Unterschied der Oszillogramme kann man bereits das Werkstoffverhalten beurteilen. So zeigt das Oszillogramm 3, daß beim Ende des Versuches die Strecke a—b (Kontakt geschlossen), sich gegenüber dem Anfang stark verkürzt hat. Dies ist auf starken Abbrand zurückzuführen. Bei Oszillogramm 1 (Wolfram) ist dagegen überhaupt kein Abbrand festzustellen, während Oszillogramm 2 einem mittleren Abbrand entspricht. Auch über den eigentlichen Bogenverlauf gibt das Oszillogramm Auskunft. Da der Stromkreis eine rein ohmsche Belastung enthält, entspricht der zwischen den Punkten b und c auftretenden Stromänderung zugleich die am Bogen vorhandene Spannung. Bei einem guten Werkstoff, wie z. B. Wolfram (Osz. 1), erhält man einen

ruhig brennenden Bogen, während bei ungünstigen Werkstoffen (z. B. Osz. 3 und 10) ein unruhiger und stark zunehmender Spannungsabfall am Bogen auftritt. Über den Kontaktwiderstand gibt das Verhalten der Strecke 8 a—b Auskunft; Oszillogramm 8 veranschaulicht dies. Schließlich zeigen die Oszillogramme 10 und 12 das selbständige Löschen des Lichtbogens, Osz. 12 das vollständige Aussetzen des Bogens nach etwa 1 h Betriebszeit



ETZ 237  
Bild 10. Werkstoffangriff bei Lichtbogenbetrieb; 120 V, 2,5 A.

ohne starken Abbrand. Diese Erscheinungen dürften auf die „Formierung“ der Kontakte zurückzuführen sein, die bereits eingangs erwähnt wurde. Osz. 12 zeigt übrigens auch beim Einschalten Prellerscheinungen, die bei den übrigen Oszillogrammen im allgemeinen nicht festzustellen sind. Die bei den Punkten a und c vorkommenden kleinen Spitzen haben nichts

mit dem eigentlichen Kontaktvorgang zu tun, sondern sind der Einschwingvorgang der Oszillographenschleife.

Das Wanderungsverhalten bei Lichtbogenbetrieb zeigt für einige ausgewählte Beispiele Bild 10. Einen flächenhaften Angriff mit relativ geringem Werkstoffverlust hat Ag; ungünstiger ist Pt, bei dem sich auf der Anode eine flache narbige Kuppe, in der Kathode eine Aussparung gebildet hat. Eine starke Kuppe mit entsprechender Vertiefung auf der Gegenkathode hat Ag Pd 30 und besonders ausgeprägte Spitzenbildung ist schließlich bei Ag C 20 vorhanden.

**Erklärung der Wanderung**

Um die Erscheinung der Wanderung erklären zu können, muß man sich über den physikalischen Ablauf des Schaltvorganges selbst Rechenschaft ablegen. Beim Schließen des Kontaktes berühren sich die Kontaktflächen zuerst nur an einzelnen mikroskopisch kleinen Stellen, die aus ihrer Umgebung hervorragen. Unter der Wirkung der Kontaktkraft wird an diesen wenigen Stellen ein so großer Flächendruck entstehen, daß gegebenenfalls vorhandene molekulare Fremdschichten durch Flüssigkeits- oder Gashäutchen, die sich auch bei Edelmetallen anlagern, durchgedrückt werden; dann findet hier metallische Berührung und damit ein Stromübergang statt. Durch den an den Berührungsstellen vorhandenen hohen Flächendruck und durch die gleichfalls vorhandene hohe Stromdichte wird das Metall so stark erwärmt, daß es zu fließen beginnt. Bei der Trennung der Kontakte wird deshalb eine flüssige Metallbrücke vorhanden sein, die sich einschnürt, bis sie schließlich zerreißt und der Strom endgültig unterbrochen wird.



ETZ 238  
Bild 11. Glühende Brücken bei Graphit nach der einen Elektrode unter Toleol; 10 V, 0,2 A.

Bei der sich einschnürenden Metallbrücke sind nun die Bedingungen für das Auftreten des Thomsons effektes gegeben. Der Thomsons effekt besteht darin, daß bei einem Temperaturgefälle im Leiter durch den Stromdurchgang die heißeste Stelle nach der einen Elektrode zu verschoben wird. Die Verschiebungsrichtung hängt von der Art des Werkstoffes und von der Temperatur der heißesten Stelle ab. Es ist noch nicht ermittelt, wie groß der Thomsons effekt bei flüssigen Metallen ist und welche Verschiebungsrichtung auftritt, bisher hat man ihn nur am festen Metall gemessen. Be-

Tafel 2. Wanderung des Legierungssystems Au Pt.

Gewichtsabnahme G der Anode in  $10^{-12}$  g/Unterbrechung (die eingeklammerten Zahlen geben die Anzahl der Versuche an, aus denen der Mittelwert gebildet wurde)

Zusammensetz. d. Werkstoffs	Versuchsfall A 3 A, 8 V	Versuchsfall B 30 A, 8 V	Versuchsfall C 2,5 A, 120 V	Versuchsfall D 0,1 A, 60 V
Au	41 (34)	7500 (3)	33 000 (2)	4,4 (10)
Au Pt 7	16 (4)	14 000 (2)	138 000 (1)	6,7 (6)
Au Pt 10	14 (3)	25 000 (2)	152 000 (2)	7,2 (2)
Au Pt 20	57 (2)	22 000 (1)	166 000 (2)	3,1 (5)
Au Pt 30	25 (2)	19 000 (1)	162 000 (2)	5,8 (2)
Au Pt 40	83 (2)	27 000 (2)	134 000 (2)	2,2 (2)
Au Pt 50	25 (10)	14 000 (7)	138 000 (7)	1,9 (5)
Pt	39 (2)	2 800 (3)	71 000 (2)	1,7 (2)

rechnungen auf Grund des Thomseffektes sind daher vorläufig noch nicht möglich. Der Effekt erklärt aber auf alle Fälle die bei der Feinwanderung vorhandene Werkstoffübertragung von einer Elektrode auf die andere.

Ein Beispiel für eine zwischen zwei Kontakten auftretende Werkstoffbrücke ist in Bild 11 gezeigt. Beide Kontakte bestanden aus Graphit. Die Kontakte wurden unter Toluol geschlossen und bei einer Spannung von 10 V und einer Stromstärke von 0,2 A ganz vorsichtig und langsam auseinandergezogen. Dies wurde erreicht, indem der eine Kontakt federnd an den anderen angedrückt wurde, wobei ein Heizdraht, je nachdem ob er mehr oder weniger erhitzt wurde, durch seine langsame Längenänderung die Federkraft mehr oder weniger stark auf den Kontakt wirken ließ und ihn schließlich völlig von dem festen Gegenkontakt entfernte. Hierbei entstand zunächst eine kurze, hellrot glühende

Brücke. Diese Brücke verlängerte sich, bis sie die Länge von etwa 0,3 mm erreicht hatte. Der Kontakt riß dann ab und die Brücke blieb an der einen Elektrode haften (Bild 11 rechts). Wenn auch beim eigentlichen Schalten die Vorgänge sich wesentlich rascher abspielen, so daß zweifellos die Temperaturverteilung an der Kontaktstelle und in deren Umgebung bei diesem „dynamischen“ Vorgang nicht genau dieselbe sein wird wie bei dem „statischen“ Versuch Bild 11, so dürfte doch grundsätzlich der Vorgang der beim Schalten entstehenden Werkstoffbrücke in beiden Fällen analog sein.

### Zusammenfassung

Maßgebend für die Beanspruchung elektrischer Kontakte ist die sog. Lichtbogengrenze, oberhalb deren ein länger lebender Bogen mit starkem Werkstoffverlust durch Abbrand und Verdampfung entsteht, während unterhalb der Lichtbogengrenze im allgemeinen nur Werkstoff von der Anode zur Kathode hin verschoben wird (Wanderung). Durch „Formieren“, d. h. bei Betrieb mit dem Grenzstrom, verschiebt sich die Lichtbogengrenze zu höheren Belastungen.

Für die Untersuchung der Werkstoffwanderung bei lichtbogenfreiem Betrieb wird ein Versuchsgerät beschrieben, das als Resonanzrelais ausgebildet ist, um Prellen der Kontakte zu vermeiden. Einige Beispiele der schädlichen Spitzenbildung und auch Beispiele günstigen flächenförmigen und gleichmäßigen Werkstoffangriffs werden angegeben. Eine besondere Stellung nimmt das Legierungssystem Gold-Nickel ein, bei dem sich bei etwa 5% Nickelgehalt die Wanderungsrichtung umkehrt; infolgedessen ist gerade die Legierung Gold-Nickel 5 besonders geeignet, da bei ihr die Wanderung sehr klein ist.

Beim Lichtbogenbetrieb der Kontakte wird ein Versuchsgerät verwendet, bei dem mittels eines Hilfskontaktes der Bogen nach einer bestimmten Brenndauer zwangsläufig gelöscht wird. Aus Oszillogrammen des Stromverlaufes können Einzelheiten des Schaltvorganges und des Verhaltens der Kontakte entnommen werden. Der Werkstoffangriff wird an einigen Beispielen veranschaulicht. Eine Erklärung der Wanderung liefert der Thomseffekt beim Vorhandensein einer flüssigen Metallbrücke.

## Vertreter der Elektrotechnik an den deutschen Technischen Hochschulen

DK 378.962 (43) : 621.3

Wir berichteten in der ETZ 69 (1948) S. 64 über die Besetzung der elektrotechnischen Fächer. Die nachstehende Übersicht gilt für das Wintersemester 1950/51; wir verdanken sie Herrn Prof. Dr. Fr. Moeller, T. H. Braunschweig.

### Die Schriftleitung

#### Technische Hochschule Aachen

- Bräderlink, Robert**, o. Prof. Dr.: Elektrische Maschinen, Elektromagnetische Ausgleichsvorgänge in Maschinen, Elektrische Antriebe, Elektrische Anlagen.  
**Flegler, Eugen**, o. Prof. Dr.-Ing. habil.: Grundgebiete d. Elektrotechnik, Ionen- u. Elektronenlehre, Grundzüge d. Hochspannungstechnik.  
**Gröber, Walter**, a. o. Prof. Dr.: Hochfrequenztechnik, Elektr. Wellen.  
**Aschoff, Volker**, o. Prof. Dr.-Ing. habil.: Grundz. d. Nachrichtentechnik, Theoret. Nachrichtentechnik, Fernmeldeanlagen (einschl. Bauelemente).  
**Bille, Hans**, Hon.-Prof.: Elektrizitätswirtschaft, Stromerzeugungs- u. Verteilungsanlagen.  
**Löbl, Oskar**, Hon.-Prof. Dr.-Ing.: Probleme d. Energieübertragung, Stromrichter.  
**Kotter, Johann**, Hon.-Prof. Oberreichsbahnrat Dr.-Ing.: Elektr. Bahnen, Energiewirtschaft d. Verkehrsbetriebe.  
**Böning, Paul**, Prof. Dr.-Ing. (Gastprofessor): Hochspannungstechnik (elektr. Isolierstoffe, Hochspannungskonstruktionen).  
**Esau, Abraham**, Prof. Dr. (Gastprofessor): Ultrakurzwellen-Technik, Ultraschall.  
**Boeckes, Hans**, Lehrbeauftragter Dr.-Ing.: Elektr. Meßtechnik.  
**Herspring, Alfons**, Lehrbeauftragter Dr.-Ing.: Elektronenröhren.  
 Aus anderen Abteilungen liest:  
**Meixner, Josef**, o. Prof. Dr.: Maxwell'sche Theorie der Elektrizität.

#### Technische Universität Berlin

- Leithäuser, Gustav**, o. Prof. Dr.: Hochfrequenztechnik, Lichttechnik, Techn. Akustik.  
**Matthias, Adolf**, o. Prof. Dipl.-Ing.: Starkstromanlagen, Hochspannungstechnik.  
**Nürnberg, Werner**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Maschinen.  
**Rothert, Gerhard**, o. Prof. Dr.-Ing.: Drahtfernmeldetechnik, Fernsprechtechnik m. Wählbetrieb.

- Mohr, Otto**, a. o. Prof. Dr.-Ing.: Grundl. d. Elektrotechnik, Elektr. Meßtechnik.  
**Oertel, Franz**, a. o. Prof. Dr.-Ing.: Elektromotorische Antriebe.  
**Szalay v. Laszlo**, a. o. Prof. Dipl.-Ing.: Theoret. Elektrotechnik.  
**Franz, Kurt**, Prof. Dipl.-Ing.: Feinmechanische Konstruktionen.  
**Müller, Paul**, Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Bahnen (bewegliche Anlagen).  
**Schachenmeyer, Richard**, Prof. Dr. phil.: Sondergebiete d. Hochfrequenztechnik.  
**Emschermann, Hans-Heinrich**, Dr.-Ing.: Hochfrequenz-Meßtechnik.  
**Etzold, Helmuth**, Dr. phil.: Elektroakustik.  
**Feige, Arthur**, Dr.-Ing.: Vierpoltheorie und Ausgleichsvorgänge.  
**Fläh, Heinz**, Dipl.-Ing.: Elektr. Regeltechnik.  
**Gaedecke, Horst**, Dr.-Ing.: Elektrizitätswirtschaft.  
**Helwig, Hans-Joachim**, Dr.-Ing.: Lichttechnik.  
**Kind, Wilh.**, Dipl.-Ing.: Elektrizität l. d. Landwirtschaft.  
**Marquardt, Erich**, Dipl.-Ing.: Konstruktion u. Werkstoffe d. Hochfrequenz-Meßtechnik.  
**Partsch, Arthur**, Dr. phil.: Stromrichter.  
**Weißbach, Wilhelm**, Dipl.-Ing.: Elektr. Bahnen (ortsfeste Anlagen).  
**Winkelkemper, Heinrich**, Dr.-Ing.: Elektr. Isolierstoffe.

#### Technische Hochschule Braunschweig

- Marx, Erwin**, o. Prof. Dr.-Ing.: Hochspannungstechnik, Elektr. Kraft- u. Verteilungsanlagen, Stromrichter.  
**Pungs, Leo**, o. Prof. Dr.-Ing.: Fernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik, Theorie d. elektr. Leitungen, Telegraphie u. Telefonie auf Leitungen.  
**Unger, Franz**, o. Prof. Dr. techn.: Dynamomaschinenelemente, Grundl. d. Dynamomaschinen, Dynamomaschinen (einschl. Transformatoren und Stromwendermaschinen), Elektromotorische Antriebe.  
**Moeller, Franz**, o. Prof. Dr.-Ing. (Gastprofessor): Grundl. d. Elektrotechnik, Elektr. Meßtechnik, Theoret. Elektrotechnik, Schaltvorgänge u. Wanderwellen.  
**Müller, Harald**, apl. Prof. Dr.-Ing.: Elektrowärme, Temperatur-Messung und -regelung.  
**Lamberts, Kurt**, Privatdoz. Dr.-Ing.: Meßkunde d. Fernmelde- u. Hochfrequenztechnik, Theorie d. Vierpole u. Siebschaltungen.  
**Brinkmann, Karl**, Lehrbeauftragter Dr.-Ing.: Elektr. Energiewirtschaft, Installationstechnik.  
**Mahrholz, Armin**, Lehrbeauftragter. OPR. Dipl.-Ing.: Nachrichtenanlagen m. Wählbetrieb.  
 Aus anderen Abteilungen lesen:  
**Kneißer, Paul**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Bahnen.  
**Niemann, Gustav**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Antriebe in der Fördertechnik.

### Technische Hochschule Darmstadt

- Busch, Hans**, o. Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h.: Grundz. d. Fernmeldetechnik, Elektronenröhren, Leitungs- u. Vierpoltheorie.  
**Gundiach, Friedrich Wilhelm**, o. Prof. Dr.-Ing.: Fernmeldeanlagen, Höchstfrequenztechnik (Lauzeitröhren, Meßtechnik).  
**Hueter, Ernst**, o. Prof. Dr.-Ing.: Allgem. Elektrotechnik (Theorie d. Wechselströme u. elektr. Maschinen), Hochspannungstechnik, Elektr. Meßtechnik.  
**Lebrecht, Ludwig**, o. Prof. Dr.-Ing.: Grundl. d. Elektrotechnik, Elektr. Anlagen u. Netze, Elektr. Bahnen, Stromrichter u. Stromrichteranlagen.  
**Punga, Franklin**, o. Prof. Dr.-Ing. e. h.: Elektromaschinenbau, Elektr. Antriebe.  
**Buchholz, Herbert**, n. b. a. o. Prof. Dr.-Ing. habil.: Theoret. Elektrotechnik (Stationäre Felder, quasistationäres Feld, Maxwell'sche Gleichungen mit Anwendungen), Ausgew. Kapitel a. d. Elektrodynamik, Grundl. d. Filtertheorie.  
**Kirschstein, Friedr.**, Privatdoz. Dr.-Ing. habil.: Grundl. d. Fernsehtechnik.  
**Kron, August Wilhelm**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Grundl. d. Elektrotechnik f. and. Abteilungen.  
**Strahinger, Wilhelm**, Lehrbeauftragt. Dir. Dipl.-Ing.: Elektrizitätswirtschaft. Aus anderen Abteilungen lesen:  
**Menges, H. J.**, n. b. a. o. Prof. Dr.-Ing.: Grundz. d. Schalttechnik, Tonfilm, Ultraschall.  
**Koehler, Gerhard**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Feinwerktechnik.

### Technische Hochschule Dresden

- Barkhausen, Heinrich**, o. Prof. Dr.: Schwachstromtechnik.  
**Binder, Ludwig**, o. Prof. Dr.: Elektr. Maschinen, Starkstromanlagen, Hochspannungstechnik.  
**Frühau, Hans**, o. Prof. Dr.: Hochfrequenztechnik, Röhren.  
**Schönfeld, Heinz**, o. Prof. Dr.: Grundl. d. Elektrotechnik, Theoret. Elektrotechnik, Elektr. Meßtechnik.  
**Heimerdinger, Werner**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Elektrowärme.  
**Kuhn, Oskar**, Lehrbeauftragt. Oberpost: Amsttechnik, Anlagen d. Fernsprechtechnik.  
**Lappe, Rudolf**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Elektr. Stromrichter.  
**Reichardt, Walter**, Lehrbeauftragt. Dr.: Fernwirktechnik, Tonfrequenztechnik.  
**Wengner, Max**, Lehrbeauftragt. Dr.: Elektrizitätsversorgung, Kraftwerkseinrichtungen.

### Technische Hochschule Hannover

- Humburg, Karl**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Maschinen, Elektr. Antriebe.  
**Schering, Harald**, o. Prof. em. Dr.: Grundl. d. Elektrotechnik, Hochspannungstechnik, Theoret. Elektrotechnik I.  
**Schönfeld, Hans**, o. Prof. Dipl.-Ing.: Elektr. Meßkunde u. Fernmessen, Fernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik, Elektronenröhren.  
**Brückner, Paul**, i. V., Dozent Dr.-Ing.: Stromrichter, Elektr. Anlagen.  
**Lau, Hermann**, Privatdozent Dr.-Ing.: Theoret. Elektrotechnik II.  
**Dehmlow, Rudolf**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Schiffs-Elektrotechnik.  
**Kniffler, Alfred**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektr. Bahnen.  
**Nestel, Werner**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Rundfunktechnik.  
**Scheffler, Ernst**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Tonfrequenztechnik, Filter u. Siebketten.  
**Sennheller, Fritz**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektroakustik.

### Technische Hochschule Karlsruhe

- Backhaus, Hermann**, o. Prof. Dr. phil.: Theoret. Elektrotechnik, Theorie d. Wechselströme, Hochfrequenztechnik.  
**Fischer, Johannes**, o. Prof. Dr.-Ing.: Grundl. d. Elektrotechnik, Elektr. Meßtechnik, Drahtnachrichtentechnik.  
**Lesch, Guntram**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Anlagen, Elektr. Antriebe u. Bahnen, Hochspannungstechnik, Isolierstoffe.  
**Richter, Rudolf**, o. Prof. Dr.-Ing. e. h. (Emeritus): Wicklungen elektr. Maschinen.  
**Schulz, Paul**, o. Prof. Dr. phil.: Lichterzeugung, Projektionstechnik, Physiolog. Optik.  
**Siler, Friedrich**, o. Prof. Dr.-Ing.: Starkstromtechnik, Elektromaschinenbau.  
**Gänger, Berthold**, Privatdoz. Dr.-Ing. habil.: Elektrischer Gasdurchbruch, Hochspannungstechnik, Stoßspannungstechnik, Hochspannungs-Kabel und -Kondensatoren.  
**Labus, Johannes**, Privatdoz. Dr.-Ing. habil.: Hochfrequenztechnik.  
**Mueller, Herbert Friedrich**, Privatdoz. Dr.-Ing. habil.: Energiewirtschaft, Energieabsatzwirtschaft.  
**Scheel, Joachim**, Privatdoz. Dr.-Ing.: Elektronenröhren.  
**Ernst, Friedrich-Wilhelm**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Beleuchtungstechnik.  
**Homolatsch, Eugen**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Installationstechnik.  
**Kromer, Karl-Theodor**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektrizitätswirtschaft.

- Müsch, Otto**, Lehrbeauftragt. Post: Apparate d. Nachrichtentechnik, Selbstanschlußtechnik.  
**Spandöck, Friedrich**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektroakustik.  
**Wasserrab, Theodor**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Stromrichter, Vakuumtechnik.

### Technische Hochschule München

- Meinke, Hans Heinrich**, o. Prof. Dr. phil.: Einführung in d. Fernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik, Dezimeter- u. Zentimeterwellentechnik.  
**Piloty, Hans**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Meßtechnik, Grundl. d. Fernmelde- u. Hochfrequenztechnik, Drahtnachrichtentechnik, Lineare Schaltungen.  
**Prinz, Hans**, o. Prof. Dr.-Ing.: Einführ. in d. Starkstromtechnik, Elektr. Anlagen, Hochspannungstechnik, Höchstspannungs-Fernleitungen, Elektromotor, Antriebe.  
**Schumann, Winfried Otto**, o. Prof. Dr.-Ing.: Einführ. in d. Elektrizitätslehre Theorie d. Wechselströme, Elektromagnet. Feld, Elektronik, Elektr. Wellen.  
**Seiz, Walter**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Maschinen, Kommutatormaschinen, Netzstabilität u. Netzkupplung.  
**Hebel, Martin**, Hon.-Prof. Dr.-Ing.: Wählermittlungstechnik, Relais- u. Wählerkonstruktionen, Telegraphie, Telegraphenleitungsbau u. Handamsttechnik.  
**Medicus, Gustav**, Privatdoz. Dr.-Ing. (beurlaubt): Hochvakuumtechnik, Konstruktion u. Bau v. Entladungsgeläßen.  
**Merz, Ludwig**, Privatdoz. Dr.-Ing.: Elektr. Messen nichtelektr. Größen.  
**Bürk, Werner**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektroakustik.  
**Fraunberger, Ferdinand**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing. habil.: Reglertechnik.  
**Güntherschulze, Günther**, Lehrbeauftragt. o. Prof. Dr.-Ing.: Theorie d. Sperrschichten, Technologie d. Gleichrichter, Halbleiter u. deren Anwendungen.  
**Jaumann, Johannes**, Lehrbeauftragt. o. Prof. Dr.-Ing.: Lichttechnik, Elektrowärmetechnik.  
**Kaden, Heinrich**, Lehrbeauftragt. Dr. phil.: Elektromagnet. Schirmung in d. Fernmelde- u. Hochfrequenztechnik, Impulse in d. Nachrichtentechnik.  
**Keller, v. Theodor**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektrizitätswirtschaft.  
**Kikode, Johann**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Stromrichter.  
**Rummel, Theodor**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektr. Industrieöfen, Hochspannungsentladungen in d. Chemie.  
**Valadis, Georg**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Stromversorgung elektr. Nachrichtengeräte.  
**Vogel, Theodor**, Lehrbeauftragt. Präsident Dr.-Ing.: Elektr. Bahnen, Eisenbahntriebwagen.  
**Voigtländer, Hans**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Nahverkehrsmittel. Aus anderen Abteilungen lesen:  
**Andres, Wilhelm**, o. Prof. Dr.-Ing.: Maschinenteile für Elektriker.  
**Fabritz, Gustav**, o. Prof. Dr. techn.: Regelung I.  
**Stefaniak, Hans**, Privatdoz. Dr. rer. nat.: Festigkeitslehre f. Elektroingenieure.  
**Wintergerst, Siegmund**, Privatdoz. Dr.-Ing.: Werkstoffkunde f. Elektroingenieure, Kunststoffe u. Keramik in Maschinenbau u. Elektrotechnik Elektr. Isolierstoffechnik.

### Technische Hochschule Stuttgart

- Bader, Wilhelm**, o. Prof. Dr.-Ing.: Grundl. d. Elektrotechnik, Theoret. Elektrotechnik.  
**Feldtkeller, Richard**, o. Prof. Dr. rer. nat.: Drahtfernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik.  
**Graner, Hans**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektromotor, Antriebe, Starkstromanlagen.  
**Heß, Heinrich**, o. Prof. Dr.-Ing.: Elektr. Maschinen.  
**Wolman, Walter**, o. Prof. Dr.-Ing.: Drahtfernmeldetechnik, Hochfrequenztechnik.  
**Kluge, Werner**, Lehrbeauftragt., o. Prof. Dr.-Ing. (Gastprofessor): Gesteuerte Entladungsgeläße.  
**Leonhard, Adolf**, o. Prof. Dr.-Ing.: Anwendungsbeisp. aus d. elektr. Antriebs- u. Stromrichtertechnik.  
**Döring, Herbert**, Doz. Dr.-Ing.: Höchsthochfrequenztechnik.  
**Eisner, Richard**, Doz. Dr.-Ing.: Hochspannungstechnik.  
**Kümmich, Richard**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Ausbreit. drahtloser Wellen.  
**Pothhoff, Karl**, Doz. Dr.-Ing.: Werkstoffkunde d. Elektrotechnik.  
**Wilde, Hans**, Diät.-Doz. Dr.-Ing.: Elektr. Meßtechnik.  
**Büssing, Walter**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Generatoren zur induktiv. Erwärmung.  
**Knei, Wolfgang**, Lehrbeauftragt. Dr. techn.: Schalterbau.  
**Leinert, Lothar**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Fertigungsverfahren d. Feinwerktechnik.  
**Pöllot, Otto-Erich**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Elektr. Kleinmotoren u. Elektrowerkzeuge.  
**Schneider, Ludwig**, Lehrbeauftragt. Obering.: Lichttechnik.  
**Sobotta, Kurt**, Lehrbeauftragt. Dipl.-Ing.: Schaltungslehre d. Fernsprech-Selbstanschlußtechnik.  
**Urtel, Rudolf**, Lehrbeauftragt. Dr.-Ing.: Fernseh- u. Impulstechnik.

## Das Gießen von Kurzschlußläufer-Käfigen aus Aluminium

DK 621.313.333.2.045.56 : 621.74.04

Erfahrungen, Ursachen und Behebung von Fehlern werden vom Gesichtswinkel der Gießtechnik ausführlich behandelt<sup>1</sup>. Als untere Begrenzung der Abmessungen werden Läufer für Uhrwerke mit rd. 20 mm Dmr. und Stäben von der Dicke einer Bleistiftmine angegeben, nach oben ist die Begrenzung meist durch die jeweiligen Vorschriften über den zulässigen Anlaufstromstoß gegeben. Reinaluminium 99,5 wird trotz ungünstiger Gießigenschaften allgemein verwendet, weil meist auf die höchstmögliche Leitfähigkeit nicht verzichtet werden kann und weil bei geringerem Rein-

gehalt der höhere Schwankungsbereich der Beimengungsbestandteile nicht vorherzusehende Abweichungen der Leitfähigkeit hervorruft. Die Gußlegierung G AlSi (12... 13% Si) mit ausgezeichnetem Formfüllungsvermögen eignet sich für schwierige Käfigformen, wenn ein Absinken der Leitfähigkeit tragbar oder erwünscht ist; durch Verschneiden mit Al 99,5 können alle Zwischenwerte des Si-Gehaltes zwischen 2 und 13% und der Leitfähigkeit erzielt werden. Für eine weitere Erhöhung des Läuferwiderstandes wird die Umschmelzlegierung G AlSi (Cu) empfohlen; ihrer geringeren chemischen Beständigkeit wegen darf diese aber nicht für Motoren in feuchten Räumen verwendet werden. Hoher Ge-

<sup>1</sup> Nach J. Piguët: Rev. Alumin. (1950) S. 197 u. 291; 14 S.

halt an Oxyden und Schlacken verschlechtert die Gießfähigkeit; deshalb soll eigener Gießereiabfall, wie Steiger, Angüsse usw. bis zu höchstens 50% dem Neumetall zugegeben werden. Unerfahrene Gießer sind geneigt, die Dünnflüssigkeit von Al 99,5 durch unkontrollierte Beigabe von Kupfer oder Silizium zu erhöhen, ohne zu bedenken, daß unerwartete Abweichungen der Motorencharakteristik die Folge sind. Einen gewissen Anteil an Verunreinigungen kann man durch Abstehenlassen der Schmelze während rd. 20 min entfernen; hierfür darf die Schmelze überhitzt werden, weil dadurch nur das Korn gröber wird, aber die Leitfähigkeit nicht abfällt, wenn man Graphittiegel anwendet.

Wenn auch sehr komplizierte Nutenformen gießtechnisch beherrscht werden können, so sind doch Läufer mit vielen schlanken Stäben besser gießbar als solche mit wenigen dicken Stäben. Die Entlüftung der Form wird durch offene Nuten erleichtert, länglicher Nutenquerschnitt ist für eine rißfreie Erstarrung günstiger als der runde. Diese Einschränkungen sind bei Druck- und Schleuderguß von untergeordneter Bedeutung. Bei offenen Nuten gestaltet sich das Abschleifen des Läufers angesichts zweier Metalle so verschiedener Härte wie Eisen und Aluminium etwas schwieriger. Die Blechpakete müssen bei Kokillenguß auf rd. 400 bis 450 ° vorgewärmt werden, bei Druck- und Schleuderguß genügt eine Trocknung (rd. 100 °). Die hohe Vorwärmung bei Kokillenguß bedingt das Aufziehen der Bleche auf eine Hilfswelle während des Gusses.

Die Kapazität der Ofen richtet sich nach Arbeitstakt und Größe der Läufer; im Mittel sollen stets 30...40 kg Schmelze gießbereit sein. Die Beschränkung auf nur einen Ofen ist nachteilig; der Schmelzofen, meist gas- oder öbeheizt, ist billig in Anschaffung und Betrieb. Als Warteofen sollte dank einfacher und zuverlässiger Temperaturkontrolle ein widerstandbeheizter Ofen mit je einem Pyrometer im Widerstandsraum oder in der Schmelze gewählt werden. Häufige und regelmäßige Eichung der Pyrometer ist unerlässlich und einfach durchführbar, da Al 99,5 bei genau 658 °C, G AlSi bei 575 °C erstarrt. Zur gleichmäßigen Vorwärmung der Pakete ist der Tunnelofen geeignet, er wird aber sehr groß, falls er für Vorwärmung auf 400 °C und darüber bemessen ist, günstiger ist deshalb der Drehofen.

Druckgußmaschinen mit warmer Kammer (frühere Bezeichnung: Spritzguß) haben den Nachteil, daß sich das geschmolzene Metall in der Kammer mit Eisen anreichert und dadurch an Gießbarkeit und Leitfähigkeit verliert. Im Gegensatz hierzu befindet sich das Metall in Druckgußmaschinen mit kalter Kammer (früher: Preßguß) in nur teiligem Zustand und nur kurze Zeit in der Kammer, Eisen kann deshalb nicht aufgenommen werden. Bei beiden Verfahren sind die Metallverluste dank der fehlenden Angüsse, Steiger usw. sehr gering, desgleichen die Nacharbeit; die Arbeitsgeschwindigkeit ist hoch. Allerdings sind die Anschaffungskosten beträchtlich, doch kann die Anlage zur besseren Ausnutzung auch andere Gußteile herstellen.

Beim Schleuderguß werden zweckmäßig abwechselnd 2 gut ausgewuchtete Formen benutzt, die für fallenden Guß eingerichtet sein müssen. Nach neueren Erkenntnissen ist eine Schleuderdrehzahl von 4...5000 U/min für

Läufer von 50...100 mm Dmr. am besten geeignet. Fehler sind kaum möglich, im Ausstoß ist das Verfahren dem Druck- und Kokillenguß etwas unterlegen.

Bei normalem Kokillenguß muß der Spiegel im Einguß und Steiger rd. 8 cm über dem höchsten Teil des Läufers stehen; die Gießkanäle sind reichlich abzurunden (s. Bild 1). Neue Kokillen müssen vor Inbetriebnahme (6 bis 10 h bei etwa 500 °C) mit anschließender langsamer Abkühlung stabilisiert werden. Im Betrieb sollen sie stets mit einem sorgfältig aufgetragenen Kokillenanstrich versehen sein. Eine Vorwärmung der Kokille ist meist nur vor dem jeweiligen ersten Guß erforderlich.

Rüttelguß mit einer Frequenz von 25...50 Hz erhöht die Dichte des Gusses und kann für schwierige Käfigbauarten angebracht sein. Schleuderguß erreicht die höchste Leitfähigkeit, weil er in hohem Maße gas- und porenfrei ist.

Tafel 1. Betriebsergebnisse.

Verfahren	Leitfähigkeit m/Ωmm <sup>2</sup>	Erzeugung in 8 h [Stück mittl. Größe]	Ausschuß %
Druckguß bei Bedienung durch 2 Mann	31 ... 30	500	≈ 1
Schleuderguß	max. 35	200 ... 300	≈ 1
Kokillenguß bei gut geschulter Bedienung	34 ... 33	300	≈ 2

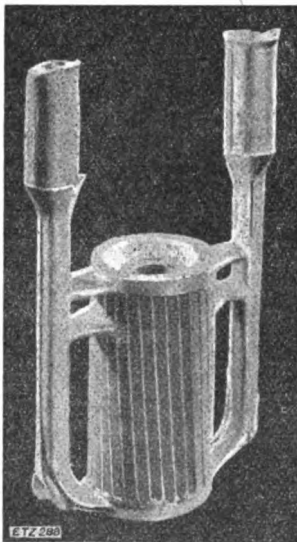


Bild 1. Im Kokillenguß hergestellter Käfigläufer mit Ausguß.

Fehler sind sorgfältig zu vermeiden, weil sie meist erst bei Prüfung des Motors feststellbar sind. Bei Druckguß können bei sachgemäßer Bedienung kaum Fehler vorkommen. Schleuderguß bietet folgende Fehlerquellen: nicht voll ausgelaufene Querschnitte (ungenügende Gießtemperatur oder mangelhafte Entlüftung der Form); Kaltschweißstellen an Stäben oder Kurzschlußringen (stark oxydhaltiges Metall, zu starke Wirbelung oder Abreißen des Gießstrahles). Die meisten Störungen sind bei Kokillenguß zu erwarten: nicht ausgelaufene Stäbe oder Flügel (Schmelze oder Kokille zu kalt, ungleichmäßige Vorwärmung des Blechpaketes; ungeeignete Konstruktion der Kokille, beispielsweise zu enge Anfußquerschnitte); Einschlüsse von Oxyden oder Schlacken beim Nachgießen (meist oxydhaltiges Metall oder fehlerhafte Gießtechnik; Abhilfe durch schwenkbare Kokille); Warmrisse in den Stäben als Folge der Schwindung bei Erstarrung oder Abkühlung (Abhilfe durch Nachgießen während der Erstarrung, geringeres Vorspannen der Bleche, sorgfältige Temperaturkontrolle, Abkühlen der Läufer auf Sand an luftzufreier Stelle); Risse und Unterbrechungen an den Ringen (überhitzte oder oxydhaltige Schmelze, verspätetes Entfernen der Kokille, Bildung von überhitzten Stellen in der Kokille; Abhilfe durch leicht gewölbten Ringquerschnitt, Vermeiden scharfer Übergänge und zu schmaler Flügelquerschnitte); Einfallstellen an den Ringen (Abhilfe wie vorstehend); schleicher Anlauf des Motors; der Läufer ist mit einer Harmonischen des Drehfeldes verkettet (Abhilfe durch Ändern des Blechschnittes oder der Leitfähigkeit des Metalls).

Doppelkäfige sind versuchsweise mit 2 Metallen verschiedener Leitfähigkeit gegossen worden, das Verfahren ist gießtechnisch nicht einfach und wird deshalb praktisch kaum angewandt.

Die Rückgewinnung der Bleche fehlerhafter Läufer durch Ausschmelzen des Käfigs hinterläßt meist Reste von Aluminium in den Nuten, auch werden die Bleche durch Überhitzung leicht ausgeglüht. Zweckmäßiger ist deshalb das Wegätzen des Käfigs in konzentrierter Sodaaesung knapp unterhalb des Siedepunktes; es ist empfehlenswert, die Ringe durch Abdrehen zu entfernen, um den Zeitaufwand herabzusetzen. Die Vernichtung des Blechkörpers zur Besichtigung des Käfigs wird in konzentrierter Salpetersäure vorgenommen (Anm. d. Ber.: Wegen heftiger Gasentwicklung nur im Freien oder unter dem Abzug auszuführen!).



## Der Einfluß der Betriebsbedingungen auf den Bau von Kondensatoren

DK 621.319.4

Eine englische Arbeit<sup>1</sup> gibt eine umfassende Übersicht über den Bau von Kondensatoren mit festen Dielektrika. Als Lebensdauer werden genannt:

Betriebsart	Einschaltdauer	ges. Lebensdauer
Wehrmacht	1 ... 2 · 10 <sup>6</sup> h	4 ... 12 Monate
Haushalt	5 ... 10 · 10 <sup>6</sup> h	3 ... 5 Jahre
Wirtsch. u. Industrie	1 ... 2 · 10 <sup>6</sup> h	10 ... 12 Jahre

Bei hochbeanspruchten Kondensatoren hängen Verlustfaktor, Scheinwiderstand und Kapazität häufig stark von Temperatur und Frequenz ab (Bild 1). Entscheidend und immer wieder betont ist der absolute Abschluß des Dielektrikums gegen Luftfeuchtigkeit. Wesentliche Änderungen finden sich neuerdings im Einbau bei kleineren Typen, weniger bei großen, die nach wie vor in Behälter aus gezogenem Stahl gebracht werden.

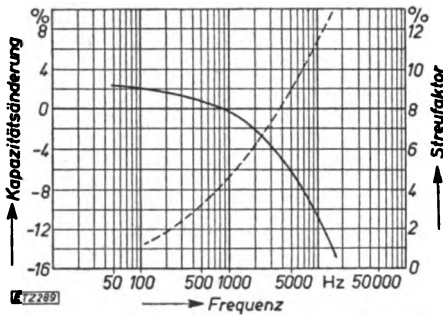


Bild 1. Kapazitätsänderung (—) und Streufaktor (---) bei wachstgetränkten Papierdielektrika.

**Glimmerkondensatoren.** Eintauchen in Lack und Pressen während der Trocknung schützen nicht vor dem Eindringen von Feuchtigkeit. Einen besseren Schutz gewähren die aus thermoplastischen Stoffen gegossenen Behälter, die nach dem Einbau mit Asphaltprodukten vergossen werden. Während man zuerst Sägemehl oder Asbestfaser als Füllmasse benutzte, nahm man dann besser geeignetes Glimmer- oder Quarzmehl. Immer noch ist aber Wärmebehandlung im Vakuum und Imprägnieren mit Wachs nötig:

	Isol.-Widerst. bei 300 V MΩ
Ungewachst, neu	19 000
nach Erhitzen a. 71°	190 000
bei Feuchtigkeit	4 560
gewachst, neu	10 <sup>6</sup>
nach Erhitzen a. 71°	10 <sup>6</sup>
bei Feuchtigkeit	10 <sup>6</sup>

Weitere Verbesserungen sind noch durch Bakelit mit Zellulosefüllung möglich. Das Gehäuse kann unmittelbar um die Glimmerpakete gegossen werden, doch muß man auch dann mit Wachs imprägnieren. Zwei neue Isolierstoffe mit extrem niedrigen Verlusten sind Polythen und Polytetrafluoräthylen. Man schließt Glimmerkondensatoren heute auch in gezogene oder mit Roll- oder Lötnaht hergestellte Metallgehäuse ein, die metallisierte keramische Durchführungen erhalten.

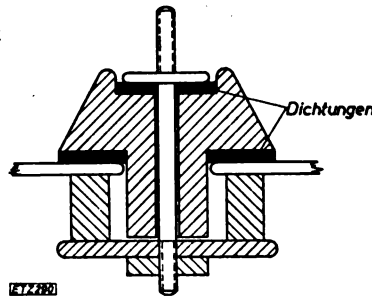


Bild 2. Anschlußdichtung.

**Papierkondensatoren.** Sie wurden anfangs wie Glimmerkondensatoren behandelt und bekamen später einen Verschluss mit besonderem Deckel und Durchführungslochern; die Durchführungsstücke wurden gegossen (Bild 2). Bei größeren Einheiten hat sich der luftdichte Abschluß mit Dichtungsscheiben eingeführt. Es werden auch Metallbleche in die Durchführungsstücke eingeschmolzen und an das Metallgehäuse angelötet.

**Keramische Dielektrika.** Sie sind nicht hygroskopisch, doch müssen freiliegende Oberflächen zwischen

den Elektroden vor kondensierender Feuchtigkeit geschützt werden, da sonst zusätzliche dielektrische Verluste entstehen.

**Besondere Maßnahmen.** Bei höheren Temperaturen entstehen mechanische Spannungen an den Lötstellen. Sie werden durch Punktschweißen der gelappten Naht oder Rollnaht vermieden, die Lötung dient dann nur noch als Dichtung. Dichtungsscheiben sind für größere Einheiten zu groß und daher zu teuer; günstiger ist die keramische Durchführung mit Metallüberzug zum Anlöten am Gehäuse. Das für den Überzug ursprünglich verwandte Silber haftet schlecht auf glasierter Keramik und löst sich leicht in Blei-Zinn-Lot. Deshalb platiniert man die Flächen neuerdings mit sehr gutem Erfolg. Eine andere Möglichkeit bietet die Glas-Metall-Kombination wie bei Gasentladungsgefäßen; Borosilikatglas mit Kovar (Co-Ni-Fe-Legierung) ist natürlich billiger als Platin. Bei längerer Verwendung in den Tropen verwirrt jedoch das Glas.

**Röhrenform.** Anfangs genügten bakelitgetränktes lamelliertes Papier, wachstüberzogene Pappe oder gummiertes Papier. Heute nimmt man Metallgehäuse mit Verschluss-scheibe aus synthetischem Gummi, versteift durch eine Bakelitscheibe. Das Metallrohr wird mit abgerundeten Kanten unter Druck in die Gummischeibe hineingedreht. Das Gehäuse besteht aus verzinntem Messing oder Aluminium. Die Feuchtigkeit dringt in Buna-Gummi nur sehr langsam ein.

**Elektrolytkondensatoren.** Der Einbau ist bei ihnen einfach, denn der Reststrom ist so groß, daß der Isolationswiderstand keine besondere Sorgfalt beansprucht. Viel wichtiger ist, daß die verwendeten Werkstoffe den empfindlichen Elektrolyten nicht verschmutzen dürfen, deshalb bevorzugt man nahtlose Aluminiumgehäuse.

**Wirkung der Betriebsbedingungen.** Bei reinem Gleichstrom ist die Temperaturerhöhung im Betrieb vernachlässigbar, sofern nicht schon die Ausgangstemperatur hoch war. Der Leistungsfaktor ist belanglos. Der Isolationswiderstand muß sehr groß sein und nimmt mit steigender Temperatur sehr stark ab. Bei reinem Wechselstrom ist die Temperaturerhöhung stets proportional dem Leistungsfaktor, der bei Hochfrequenz wichtiger ist als der Isolationswiderstand. Das Dielektrikum muß also für Wechselstrom sehr sorgfältig gewählt werden. Bei Gleichstrom mit überlagertem Wechselstrom wird die Erwärmung nur merklich, wenn die Wechselkomponente groß ist.

**Das geeignete Dielektrikum.** Alle Dielektrika sind bei Gleichstrom brauchbar, ausschlaggebend für die Wahl sind die Kosten und der Raumbedarf, die beim Elektrolytkondensator am geringsten sind. Das gilt jedoch nicht für Spannungen über 500 V und nur zwischen -25 und +60 °C. Die Restströme betragen bis 1 mA. Man verwendet die Kondensatoren vorwiegend als Glättungskondensatoren in Rundfunkgeräten. Bei mehr als 500 V nimmt man meist imprägniertes Papier, für das es keine obere Spannungsgrenze gibt, wenn Korona unterdrückt wird. — Auch bei Wechselstrom sind alle Dielektrika möglich, Elektrolytkondensatoren jedoch nur bei kurzdauernder Beanspruchung (Anlassen von Kondensatormotoren). In Filterkreisen bei höheren Frequenzen benutzt man flüssige Tränkmittel zur Verbesserung der Kühlung und nimmt bei Hochfrequenz gern Glimmer, dessen Werte nur wenig von der Temperatur und Frequenz abhängen. Neuerdings gibt es auch keramische Dielektrika, die bei gleichem Verhalten billiger sind. Störerschutzkondensatoren werden meist mit imprägniertem Papier ausgeführt, solche für Bügeleisen (130 ... 150 °C) auch mit Glimmer.

**Verwendungsarten.** Der Heeresbedarf stellt sehr hohe Anforderungen hinsichtlich Feuchtigkeit und Temperatur. Glimmer in Polythen ist gut für Temperaturen von -40 bis +100°. In Haushalten ist zwar die Beanspruchung gering, es wird aber große Verlässlichkeit gefordert; Elektrolytkondensatoren haben sich hier durchgesetzt. Bei Hochfrequenz darf man keine geätzten Al-Folien benutzen, weil ihr Scheinwiderstand fast bis zum Kurzschlußwert heruntergeht. Bei der Verwendung in Wirtschaft und Industrie kann nur die allerbeste Einbaumethode mit absolutem Feuchtigkeitsschutz eine wirklich lange Lebensdauer gewährleisten.

Gsch

<sup>1</sup> A. E. Bennett u. K. A. Gough: Proc. Instn. electr. Engrs. III 97 (1950) S. 231, 11 S., 17 B.



# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311 : 620.9 (44)

**Entwicklungstendenzen der Energiewirtschaft in Ostdeutschland.** [Nach H. Schlicke: Elektrizitätsverw. 25 (1950) S. 124; 4 S., 3 B.]

Im Rahmen eines Zweijahresplans sollte der Stromverbrauch in der sowjetischen Besatzungszone bis Ende 1950 von 600 kWh je Einwohner und Jahr auf 750 gesteigert werden. Dieses Ziel kann in erster Linie durch Instandsetzung und Wiedereinführung von Steinkohle in diejenigen Kraftwerke erreicht werden, die Steinkohlenfeuerung besitzen, gegenwärtig aber Braunkohlenbriketts verfeuern. Die hiermit erzielbare Leistungssteigerung reicht jedoch für die weitere Zukunft nicht aus, so daß schon jetzt zusätzliche Leistung zu planen ist, die schnell und mit dem größten wirtschaftlichen Vorteil zum Ziele führen muß.

Um den zukünftigen Anforderungen gerecht werden zu können, müßte die betriebsfähige install. Leistung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung von etwa 2,6 Mio. kW bis 1955 ungefähr verdoppelt werden. Unter diesem Gesichtspunkt fallen von den verfügbaren Rohenergieformen Wind und Wasser aus. Über Windkraftwerke großer Leistung fehlt jegliche Erfahrung, außerdem ist die Winddarbietung in Deutschland unzuverlässig. Auch Wasserkraftwerke kommen nicht in Betracht. Sie benötigen eine sehr lange Zeit von der Planung bis zur Inbetriebnahme, erfordern außerdem gegenüber Dampfkraftwerken einen bedeutend höheren Aufwand an Eisen und Anlagekosten.

Um also das gesteckte Ziel zu erreichen, ist vor allem mit dem Bau von Dampfkraftwerken zu beginnen, wobei wegen Mangels an Fachkräften, Werkstoffen und geeigneten Herstellerfirmen Planung und Bauweise neue Wege beschreiten müssen. Den Hauptteil der zukünftigen Energieerzeugung werden grubennahe Großkraftwerke tragen, in denen aus Gründen der Auswechselbarkeit und Ersatzteillagerung nur wenige Maschinen- und Kesseltypen, in Anlehnung an das seinerzeitige Wärmesofortprogramm, aufgestellt werden. Derartige moderne, mit Kohlenstaubfeuerung ausgerüstete Höchstdruck-Dampfkraftanlagen arbeiten mit hohem wärme-wirtschaftlichen Wirkungsgrad und sind elastisch genug, um auch große Störlasten zu überwinden. Im Hinblick auf den hohen Arbeitskraft-, Material- und Kapitalaufwand muß man vorerst auch von der Errichtung besonderer Spitzenkraftwerke absehen. Auch der Spitzenlastausgleich wäre von den neuen Dampfkraftwerken zu übernehmen. In dieser Hinsicht würde der angeregte Zusammenschluß der einzelnen Länder zu einem europäischen Verbundbetrieb eine gewisse Entlastung und große wirtschaftliche Vorteile bringen.

Mg

DK 621.317.8

**Zur Leistungsverminderung bei Netzhöchstlast.** [Nach E.V. è-dère: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 195; 7 S., 9 B.]

Die Tarife für elektrische Energie reizen den Abnehmer zum Mehrverbrauch, da dann der mittlere kWh-Preis sinkt. Irgendwelche Einschränkungen hinsichtlich der zeitlichen Benutzung der beanspruchten Leistung bestehen nicht. Infolge der geringen Benutzungsdauer der Werks- und Netzhöchstlast werden die Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsanlagen wirtschaftlich schlecht ausgenutzt. Gelänge es, den Abnehmer in seinem Verbrauch so zu beeinflussen, daß er zu bestimmten Zeiten nur einen Teil der ihm vertraglich zustehenden Leistung beansprucht, dann würden sich die Werkhöchstlast und die festen Kosten fühlbar verringern. Dem Abnehmer könnte infolgedessen ein günstigerer Tarif angeboten werden.

In Paris hat sich für den Haushaltsabnehmer ein Staffeltarif eingebürgert. Er umfaßt je nach Wohnungsgröße 3 Leistungsstufen und läßt die uneingeschränkte Verwendung aller Haushaltsgeräte mit Ausnahme der vollelektrischen Heizung zu. Zur Begrenzung der vertraglich zugestandenen „normalen“ Leistung wird ein Schalter verwendet, der ihre Überschreitung und damit das Abschmelzen der Sicherung verhindert. Das Centre de Distribution de Paris d'Electricité de France hat in den Wintermonaten 1947/48 und 1948/49 Versuche unternommen, die Spitzenbelastung durch eine zeitlich begrenzte Leistungsentnahme zu senken. Zu diesem Zweck wurden 400 hochelektrifizierte Haushaltsabnehmer

mit einem jährlichen Stromverbrauch von 1900 kWh aus-gesucht. Außerhalb der vom EVU für die Zeit von 17 bis 19 Uhr festgesetzten Sperrstunden konnte der Abnehmer die normale volle Leistung beanspruchen. Mit Beginn der Sperrzeit wurde durch den Zweileistungsschalter der zweite Stromkreis abgetrennt (s. das folgende Referat). Der Abnehmer konnte jetzt nur die „verringerte“ Leistung ent-nehmen oder er wurde völlig vom Netz abgetrennt. Auf Grund der Versuche kommt das EVU zu dem Ergebnis, daß, wenn etwa 125 000 Abnehmer sich für den neuen Tarif ent-schließen könnten, die Spitze im Pariser Netz um 30 MW auf 410 MW sinken würde.

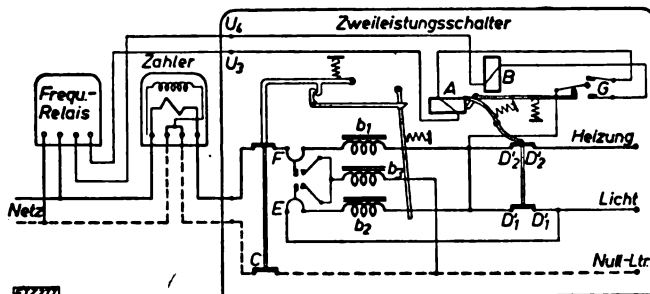
Obwohl durch den Einbau einer besonderen Schaltein-richtung und das Fernsteuerungsnetz zusätzliche Kosten aufzuwenden wären, stehen, wie die Versuche gezeigt ha-ben, diesem Mehraufwand Ersparnisse an festen Kosten in Höhe von 20% gegenüber. Auch die Unbequemlichkeit, daß der Abnehmer nicht zu jeder Zeit frei über die vertragliche Leistung verfügen darf, würde durch Rabatte ausgeglichen werden.

Mg

DK 621.316.578 : 621.398

**Zweileistungsschalter zur Verringerung des Energiebedarfs von Haushaltsabnehmern zur Zeit der Netzhöchstlast.** [Nach R. Bresson: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 201; 6 1/2 S., 8 B.]

Im Zusammenhang mit dem im vorangehenden Referat beschriebenen Versuch zur Verringerung des Anteiles der Haushaltsabnehmer an der Netzhöchstlast beschreibt R. Bresson den „Zweileistungsschalter“ (Bild 1).



A Spule; B Entriegelungsspule des Fernschalters; C Hauptkontakte d. Zweileist.-Sch.; D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>', D<sub>2</sub>' Kontakte des Fernsch.; E therm. Relais (10 A, Spitzenlastzeiten); F therm. Relais (30 A, Normallastzeiten, Schwachlastzeiten); G Stromwender; b<sub>1</sub> Wickl. f. 30 A, b<sub>2</sub> f. 10 A, b<sub>3</sub> feindräht. Wickl.

Bild 1. Zweileistungsschalter in der Stellung „normale Leistung“.

Auf der Zählertafel des Abnehmers befinden sich außer dem Zähler ein Frequenzrelais und der den normalen Abnehmerschalter ersetzende Zweileistungsschalter. Das Relais schaltet nach Empfang eines Impulses wechselseitig die Klemmen U<sub>3</sub> und U<sub>4</sub> ein, die mit entsprechenden Kontakten des Schalters verbunden sind. Der Zweileistungsschalter besteht aus einem als normaler Schalter arbeitenden Teil, zwei thermischen Relais E und F und einem Fernschalter. In der Normalstellung sind die Kontakte D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub> des Fernschalters geschlossen, das Relais E ist geöffnet, die Ausgangsklemmen „Heizg.“ u. „Licht“ stehen unter Spannung. Der gesamte abfließende Strom wird durch Relais F überwacht und die volle „unterschriebene“ (vertraglich festgelegte) Leistung kann beansprucht werden. Bei Auftreten der Netzhöchstlast wird durch das Frequenzrelais der Fernschalter geöffnet und damit die Kontakte D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub>. Die Klemme Heizg. ist jetzt spannungslos. Der der „reduzierten“ Leistung entsprechende Strom fließt jetzt über b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, das thermische Relais E zur Klemme Licht.

Der Lichtstromkreis, an welchen auch Klingeln und Uhren angeschlossen sind, wird ständig über die Klemme Licht versorgt, Heizkörper und Warmwasserspeicher, die über Heizg. gespeist sind, werden in den Spitzenzeiten ausgeschaltet, während Kochherde u. dgl. über beide Klemmen versorgt werden können. Sie dürfen auch während der Spitzenzeit benutzt werden, aber nur in beschränktem Umfang; Überschreiten der „reduzierten“ Leistung würde zur völligen Trennung vom Netz führen.

Mg

DK 621.315.624

**Durchschlagbare oder nichtdurchschlagbare Freileitungs-Isolatoren für Hoch- und Höchstspannungen?** [Nach F. Obenaus: Mitt. Hermsdorf-Schomb. H. 86 (1950) S. 1; 21 S., 10 B.]

Für die Isolierung von Höchstspannungsleitungen werden zur Zeit 2 grundsätzlich von einander verschiedene Bauarten von Hängeisolatoren nebeneinander verwendet, die durchschlagbaren Kappenisolatoren und die nichtdurchschlagbaren Vollkernisolatoren einschließlich der modernsten Bauform, des Langstabisolators. In einem Vergleich werden unter besonderer Berücksichtigung des derzeitigen Standes der keramischen Fertigungstechnik die Vor- und Nachteile beider Typen gegenübergestellt. Dabei zeigt sich, daß die nichtdurchschlagbaren Vollkern- und Langstabisolatoren größere Gewähr für ein einwandfreies Verhalten im Betrieb geben als die durchschlagbaren Kappenisolatoren. Nachdem sich der Langstabisolator in etwa zehnjähriger Betriebszeit in 110 kV-Leitungen gut bewährt, werden mehrgliedrige Langstabketten für Höchstspannungen von 150, 220 und 400 kV vorgeschlagen. Vb

## Elektrische Maschinen und Transformatoren

DK 621.315.322.072.2

**Spannungsregelung von Drehstromgeneratoren bei Stoßbelastung.** [Nach E. L. Harder, R. C. Cheek u. J. M. Clayton: Electr. Engng. 69 (1950) S. 391; 5 S., 6 B.]

Bei Belastung eines Generators mit einer, verglichen mit der Normallast großen Stoßbelastung ist mit Rücksicht auf andere vom Generator gespeiste Verbraucher die Frage nach der größten Spannungsabsenkung sehr wichtig. Beispielsweise bei Generatoren in kleineren Industriekraftwerken oder bei Hausgeneratoren in Kraftwerken muß man mit solchen relativ großen Belastungsstößen rechnen.

In der Arbeit wird an Hand von zahlreichen rechnerisch ermittelten Kurven gezeigt, wie die größte Spannungsabsenkung abhängig vom Belastungsstoß ermittelt werden kann, und zwar bei Spannungsregelung durch einen Schnellregler, für den eine Ansprechverzögerung von 0,05 s angenommen ist. Die Spannungsabsenkung ist abhängig von der Generatorzeitkonstante, von der bei Ausgleichsvorgängen wirksamen Reaktanz (transient reactance) des Generators, der Erregungsgeschwindigkeit der Erregermaschine und von der Schaltung — Fremd- oder Selbsterregung der Erregermaschine. Aus Kurvenbildern kann für jeden praktisch vorkommenden Fall, soweit die oben angegebenen Einflußgrößen bekannt sind, die maximale Spannungsabsenkung sofort abgelesen werden. Die Kurven gelten für eine bestimmte Synchronreaktanz des Generators (120%), entsprechend einem Leerlauf-Kurzschlußverhältnis von 0,835. Bei einem andern Kurzschlußverhältnis muß das Lastverhältnis umgerechnet werden, da die Spannungsabweichung auch von der Synchronreaktanz abhängt. In Tabellen und Kurven sind die bei normalen Maschinen verschiedener Drehzahl und Ausführungsformen üblichen, für die Ermittlung der Spannungsabsenkung wichtigen Konstanten zusammengestellt.

Lh

DK 621.315.616.7 : 621.314.22

**Eine neue Trockenisolation für Meßwandler.** [Nach R. A. Pfuntner, R. E. Franck u. F. R. d'Entremont: Electr. Engng. 69 (1950) S. 594; 6 S., 16 B.]

Die Verfasser verwenden eine geschmolzene Butylkom-poundmasse als Meßwandlerisolation. Butylkom-pound ist ein gummiartiger Stoff, der unmittelbar vor und während des Krieges entwickelt worden ist und bei dem Isobutyl und Isopren zusammen polymerisiert werden. Polyisobutyl ist ziemlich beständig, hat aber den Nachteil, daß es mit Schwefel oder anderen Agentien nicht vulkanisiert werden kann. Gibt man jedoch vor der Polymerisation etwa 1 ... 3% Isopren dazu, so ist dieser Nachteil behoben und man erhält einen Stoff, der in vielen Eigenschaften dem natürlichen Gummi entspricht, ohne dabei dessen chemische Unbeständigkeit zu besitzen. Will man nun diesen Butylgummi als Isolation verwenden, so muß er noch mit geeigneten Füllstoffen und etwas Schwefel versetzt werden, um die nötige Stärke und Vulkanisierbarkeit zu erhalten. Die Zerreißfestigkeit des Butylkom-pounds ist temperaturabhängig, liegt aber bei Betriebstemperatur höher als die asphaltgetränkter Papiere. Auch ist die Dehnung höher als von asphaltiertem Papier. Wie die meisten organischen Isolier-

stoffe wird Butylkom-pound von organischen Lösungsmitteln angegriffen, doch ist seine Widerstandsfähigkeit erheblich größer als bei asphaltiertem Papier. Gegen Säuren ist es unempfindlich, ebenso gegen Alkali. Auch ist seine Brennbarkeit geringer als die von asphaltiertem Papier. Die dielektrische Festigkeit beträgt etwa 16 kV/mm gegenüber 10 kV/mm bei asphaltiertem Papier. Bei 100 °C sinkt die Durchschlagsfestigkeit bei Butylkom-pound auf 14 kV/mm, bei asphaltiertem Papier dagegen auf 2,5 kV/mm ab. Der Verlustfaktor ist ebenfalls beträchtlich niedriger, namentlich bei höheren Temperaturen. So beträgt er bei 20 °C 0,8% gegenüber 1,5% und bei 100 °C 1,9% gegenüber 3,8% bei asphaltiertem Papier. Außerdem ist das Kom-pound im Gegensatz zu asphaltiertem Papier fast nicht spannungsabhängig. Butylkom-pound besitzt auch gute Alterungseigenschaften, wenn die Temperatur nicht über 100 °C gesteigert wird. Nähere Untersuchungen haben gezeigt, daß Alterungsvorgänge an der Oberfläche angreifen und nach innen vorwachsen. Obwohl die neu entwickelten Meßwandler mit dieser Isolationsmasse Innenraumapparate sind, wurde die Isolation auf Feuchtigkeitseinflüsse untersucht. Hohe Feuchtigkeit läßt den Verlustfaktor etwas ansteigen; jedoch wurden die guten Eigenschaften des Butylkom-pounds im „Bewitterungsapparat“ nicht wesentlich geändert. Da der Isoliermasse wegen der Vulkanisierarbeit eine geringe Menge Schwefel (0,5%) zugesetzt ist, wurde auch der Korrosionseinfluß auf Kupfer untersucht und als unerheblich befunden. Bei der Verwendung dieser Isolationsmasse ist darauf zu achten, daß in ihrer Nähe keine Glimmentladungen auftreten, denn diese führen zu einer langsamen Zerstörung. Wenn keine Ionisation auftritt, ist das Kom-pound gegen elektrische Einwirkung beständig. Im ganzen genommen stempeln die vorstehend angeführten Eigenschaften Butylkom-pound zu einer idealen Isolationsmasse für Meßwandler<sup>1</sup>. Stri

## Schalter

DK 621.316.545

**Über die Lastabschaltung mit Trennschaltern.** [Nach H. Manzinger: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) S. 118; 5 S., 5 B.]

H. Manzinger prüft an Hand von Betriebserfahrungen die Frage, wieweit dreipolige Innenraum-Trennschalter von 5 ... 30 kV bei senkrechter Montage zur Lastabschaltung in Hochspannungsanlagen herangezogen werden können. Die erreichbaren Werte hängen stark von verschiedenen Umständen ab, u. a. von der Schaltgeschwindigkeit. Bei geschickter Bedienung, also schnellem Schalten, können u. U. wesentlich höhere Leistungen geschaltet werden, als nachstehend angegeben. In vielen Netztransformatorstationen müssen Umspanner durch Trennschalter im Leerlauf, oft auch bei Vollast abgeschaltet werden. Abschaltungen in Kurzschlußfällen bleiben außer Betracht, da die Umspanner normal durch schnell wirkende Sicherungen geschützt sind.

Bei der Vollastabschaltung von Netztransformatoren liegen meist günstige Schaltverhältnisse vor, da der Leistungsfaktor in dem in Betracht kommenden Bereich meist nicht unter 0,7 liegt und somit die Wiederkehrspannung im Zeitpunkt des Stromnulldurchganges kleine Werte aufweist. Bei einer Betriebsspannung von 5 kV können 3,5 A Vollaststrom mit einem Normaltrennschalter geschaltet werden, bei 30 kV noch 1,7 A. Die zugehörigen Transformator-nennleistungen in kVA sind in Bild 2 angegeben.

Die Leerlaufabschaltung von Transformatoren ist bei einem Leistungsfaktor von rd. 0,1 schwieriger, zumal auch durch die Oberwellen des Leerlaufstromes. Seine Höhe ist auf dem Leistungsschild nicht angegeben und schwankt bei Nennleistungen von 30 ... 250 kVA zwischen 3,5 und 15%, bei Transformatoren bis 1600 kVA beträgt er bis zu 12% des Vollaststromes. Der durch Trennschalter abschaltbare Leerlaufstrom fällt von 2 A bei 5 kV auf 1 A bei 30 kV.

Das Abschalten leerlaufender Leitungen und Kabel stellt die für Schalter aller Art schwierigste Aufgabe dar, da mit erheblichen Überspannungen im Schaltmoment zu rechnen ist. Der Ladestrom eilt der Spannung um 90° vor, so daß die Lösbedingungen für den Lichtbogen besonders ungün-

<sup>1</sup> Weiteres Schrifttum: R. M. Thomas, J. E. Lighthown, W. J. Sparks, P. K. Frohlich, E. F. Murphree: Industr. Engng. Chem. 32 (1940) S. 1263; E. N. Cunningham u. L. B. Turner: Product. Engng. 1945, S. 770; J. Rehner Jr.: Industr. Engng. Chem. 36 (1944) S. 46; P. J. Flory: Industr. Engng. Chem. 38 (1946) S. 417.

stig sind. Nach Manzinger können folgende Leitungslängen leerlaufend mit Trennschaltern geschaltet werden:

Spannung	kV	5 ... 6	10	20	25 ... 30
Freileitung	km	60	30	15	10
Kabel	km	4	1,5	0,6	0,4

Gegen das Einschalten von dreipoligen Trennschaltern auf Last bestehen keine Bedenken. Jedoch muß mit dem Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß gerechnet werden. Der Verfasser hält das Einschalten von 5 kA eff. für zulässig, jedoch nur in Netzen mit begrenzter Kurzschlußleistung, steigend von 40 MVA bei 5 kV bis zu 200 MVA bei 30 kV.

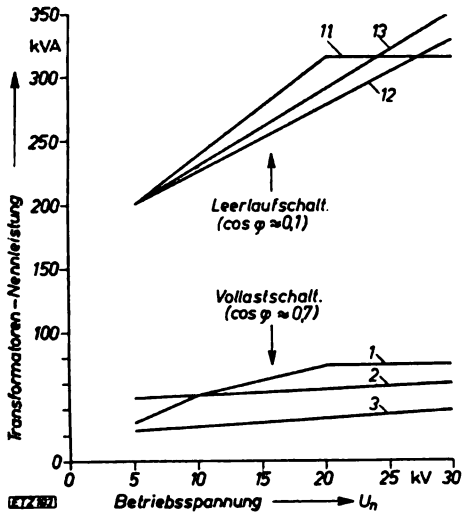


Bild 2. Abschaltgrenzen für dreipolige, senkrecht montierte Innenraum-Trennschalter bei schneller Handschaltung von Transformatoren (Kurven 1 und 11 nach Manzinger, die übrigen nach deutschen Angaben).

Bei Innenraum-Trennschaltern über 35 kV wird eine Lastabschaltung mit Trennschaltern wegen der langen Lichtbogen nicht für zulässig gehalten. Dagegen sind entsprechende Freiluft-Spezialtrennschalter bis 60 kV bekannt. Die Abschaltung mit einpoligen Trennschaltern wird nicht für zulässig gehalten, zumal die zweite Phase bei der Abschaltung eines Transformators einen erheblich höheren Strom führen kann und bei Fehlen einer Phase bei bestimmten Transformatorschaltungen erhebliche Überspannungen auftreten.

Die Messer werden am besten bei Schaltstangenbetätigung über Ring- oder Schalthebel auf der Trennschalterwelle geöffnet, da sich hierbei die höchsten Schaltgeschwindigkeiten ergeben. Am zweckmäßigsten wird der Schalthebel über ein Zwischengestänge bis zur Vorderkante der Schaltzelle verlängert, Handhebelantriebe (Steigbügelantriebe) sind für die Lastschaltung mit Trennschaltern ungeeignet, da sie mit Rücksicht auf die Kraftspitze beim Messereinschlag meist so ausgeführt sind, daß beim Verlassen der Kontakte eine minimale Geschwindigkeit besteht. Die hierbei auftretende Schaltgeschwindigkeit wird auf den unzulässig kleinen Wert von 0,25 m/s geschätzt. Bei Ausschaltgeschwindigkeiten von weniger als 0,5 ... 0,8 m/s sollte keine Lastschaltung mit Trennschaltern vorgenommen werden. Auch Druckluftantriebe, die über Zwischengetriebe arbeiten, schalten meist zu langsam. Die vom Verfasser angegebenen Werte beziehen sich sämtlich auf schnelle Betätigung über Ring- oder Schalthebel, sie setzen ferner voraus, daß Schaltmesser und Kontakte sorgfältig gepflegt werden.

Zu den Untersuchungen des Verfassers ist auf Grund der deutschen Erfahrungen zu bemerken: Die Lastschaltung von Transformatoren mit Trennschaltern läßt sich aus finanziellen Gründen in kleinen Betrieben nicht immer vermeiden. Die Angabe zulässiger Abschaltleistungen ist schwierig, da sie stark von der Schnelligkeit der Schaltung, vom Polabstand der Schalterpole, ferner von einem, wenn auch ge-

ringen senkrechten oder seitlichen Luftzug, schließlich vom Leistungsfaktor und Oberwellengehalt des Stromes abhängen. Bei Netztransformatoren wird durchschnittlich mit einem Leerlaufstrom von 6% des Nennstromes gerechnet. Bei der Leerlaufschaltung des Transformators muß jedoch sicherheitshalber mit einer um etwa 10% überhöhten Spannung und einem infolge der Sättigungsverhältnisse überhöhten Magnetisierungsstroms von 15% des Nennstromes gerechnet werden. Unter diesen Annahmen sind die Angaben einiger deutscher Spitzenfabrikate im Vergleich zu den Manzingerschen Kurven in Bild 2 eingetragen. Alle Kurven zeigen die gleiche Tendenz, die Unterschiede sind vermutlich durch verschiedene Schaltgeschwindigkeiten bedingt. In der Praxis empfiehlt es sich daher, die untersten Werte der jeweils 3 Kurven nicht zu überschreiten.

Will man die Schaltleistung gegenüber den angegebenen Werten weiter steigern, so kann u. U. mit einem Trennschalter der nächsthöheren VDE-Reihe gearbeitet werden, wodurch bei Betriebsspannungen bis zu 20 kV die schaltbare Nennleistung auf etwa den 1,6fachen Wert steigt. Versieht man diesen Trennschalter dann außerdem noch mit festen Trennwänden, so steigt der schaltbare Wert auf das rd. 2,5fache der Kurvenwerte. Von der Leerlaufschaltung von Kabelstrecken ist mit Rücksicht auf die Gefahr von Stehlichtbögen grundsätzlich abzuraten. Daß im allgemeinen immer der Einbau von Leistungstrennschaltern oder Leistungsschaltern an Stelle von Trennschaltern zu empfehlen ist, liegt auf der Hand.

Fck

Meß- und Regeltechnik

DK 621.317.7 : 621-752

Mechanische Probleme bei elektrischen Meßgeräten. [Nach A. Weigand: Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 131; 6 S., 6 B.]

Elektrische Meßgeräte sind am Aufstellungsort häufig starken periodischen Erschütterungen ausgesetzt, die den Meßvorgang stören und u. U. zu Beschädigungen des Meßwerks führen können. Im Resonanzfall besteht die Gefahr, daß die Drehmomentfedern zu Schwingungen extrem großer Amplituden angeregt werden und zu Bruch gehen. Es ist daher wichtig, Schwingungsausstrahlungen möglichst wirkungsvoll vom beweglichen Meßorgan fernzuhalten und die Eigenschwingungszahl der eingebauten Spiralfedern in Abhängigkeit von ihren Abmessungen rechnerisch ermitteln zu können. Durch entsprechende Federbemessung kann die Eigenschwingung der Drehmomentfedern höher als die erregende Störfrequenz gelegt werden. Der Verfasser geht bei den Berechnungen je nach Art der elastischen Lagerung von Schwingungersatzbildern für das Meßgerät aus (Bild 3 ... 5) und ermittelt den Verlauf der Resonanzkurven für die Amplituden des beweglichen Meßorgans und die auf dieses wirkende Kraft. Der Vergleich der Resonanzkurven eines gefederten Meßsystems Bild 4 mit denen des ungederten Systems Bild 3 läßt erkennen, daß sich die Resonanzstellen in den Bereich kleineren Abstimmverhältnisses  $\lambda = \Omega/\omega_1$  verschieben, wobei  $\omega_1$  die Eigenschwingung des beweglichen Organs und  $\Omega$  die Kreisfrequenz der Störschwingungen ist. Die Federung nach Bild 4 wirkt sich günstig aus, weil die Reso-

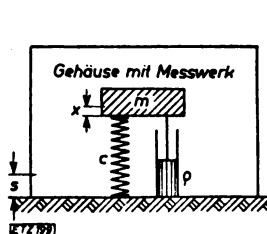


Bild 3. Mechanisches Ersatzbild für das bewegliche Meßorgan.

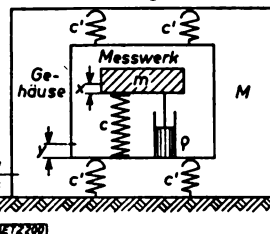


Bild 4. Mechanisches Ersatzbild des gefederten Meßgerätes.

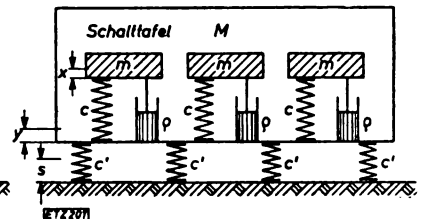


Bild 5. Mechanisches Ersatzbild einer elastisch gelagerten Schalttafel mit drei Meßgeräten.

nanzkurven außer einer Verschmälerung über der Abstimmbreite  $\lambda$  für  $\lambda > 0,7$  (Rechenbeispiel) auch erheblich kleinere Ordinatenwerte haben.

Schirmt man Schalttafelmeßgeräte durch elastische Lagerung der Schalttafel selbst gegen Schwingungen ab (Bild 5), so ergeben sich noch günstigere Verhältnisse. Der auf das schwingende Meßsystem ausgeübte mechanische Impuls kann bei dem vom Verfasser angeführten Beispiel auf 2,1% des bei ungederten Systemen ursprünglich auftretenden Wertes reduziert werden. Der besonders gute Schwingungsschutz er-

klärt sich bei dieser Anordnung u. a. aus der Tatsache, daß die Schalttafel naturgemäß eine große träge Masse hat und auf „weichen“ Federn gelagert wird.

Während die Kraft auf das bewegliche Organ beim gefederten Meßwerk mit dem Wert  $P = 0$  beginnt, setzt sie bei ungedepertem Meßgerät mit einem von Null verschiedenen Wert ein und beansprucht das empfindliche Meßorgan stoßartig.

Die Kenntnis der Schwingungszahlen von Drehmomentfedern bei Schwingungen in ihrer Federenebene und senkrecht hierzu ist von besonderem Interesse. Der Verfasser benutzt bei der Berechnung das Verfahren von Rayleigh, wonach bei einem ungedämpft schwingenden System die potentielle Energie im Augenblick des größten Ausschlags gleich der kinetischen Energie beim Nulldurchgang sein muß. Aus dieser Bedingung läßt sich das Quadrat der Eigenschwingung als Quotient aus potentieller und kinetischer Energie darstellen. Zähler und Nenner sind Integrale über die Länge des gekrümmten Federstabs, der die Form einer archimedischen Spirale hat.

Setzt man an Stelle der unbekanntenen Eigenschwingungsfunktion der Feder eine solche ein, die nur den Randbedingungen genügt, und verbessert den erhaltenen ersten Näherungswert durch Aufnahme von Parametern derart, daß der Quotient gleich  $\omega^2$  durch Ändern der eingeführten Parameter zu einem Minimum wird, so erhält man die zweite Näherung für das Quadrat der Eigenschwingung. Die Rechnung führt schließlich zu Gleichungen für die Grundschwingungszahlen<sup>1</sup>.

Die Differentialgleichung für Schwingungen senkrecht zur Federenebene kann für Windungszahlen  $n = 3$  durch Besselsche Funktionen von der Ordnung  $\pm 2/3$  näherungsweise integriert werden. Zwei Berechnungsbeispiele hierzu zeigen, daß die ermittelten Eigenschwingungszahlen der Spiralfeder 8,33 bzw. 17,16% über den experimentell festgestellten Eigenfrequenzen der Feder liegen. — Mit dem angegebenen Verfahren können die Grundschwingungszahlen nach Ansicht des Verfassers mit ausreichender Genauigkeit berechnet werden.

DK 621.317.331.332 : 621.315.616

**Elektrische Feinmessung an Kunststoffen.** [Nach Th. Gast: Kunststoffe 40 (1950) S. 121; 4 S., 12. B.]

Bei der Weiterentwicklung der elektrischen Untersuchungsmethoden für Kunststoffe ist selbsttätige Aufzeichnung elektrischer Meßwerte von besonderer Bedeutung. In diesen Aufgabenkreis gehören Arbeiten von Th. Gast. Bekanntlich erfährt eine kugelförmige Probe aus Isolierstoff im inhomogenen Feld Kraftwirkungen, die gesetzmäßig von der Dielektrizitätskonstanten abhängen. Diese Kräfte können in Abhängigkeit von der Zeit, von der Temperatur und — wenn es sich um ein Wechselfeld handelt — auch von der Frequenz mit Hilfe einer elektrischen Mikrowaage registriert werden. Abgesehen vom Frequenzgenerator braucht die Apparatur beim Überstreichen eines sehr weiten Frequenzbandes nicht verändert zu werden. Die zunächst geringe Meßgenauigkeit läßt sich wesentlich verbessern, wenn man einen Punkt der Dispersionskurve durch Brückenmessungen bestimmt. Während die Grundlagen dieser Methode auf Boltzmann zurückgehen, hat P. Lertes ein ähnliches Verfahren zur Bestimmung des Verlustfaktors angegeben, das sich neuerdings mit der elektrischen Mikrowaage ebenfalls selbstregistrierend gestalten läßt.

Die automatische Messung in weitem Frequenzbereich konnte auch mit Hilfe einer Brückenschaltung gelöst werden. Die Meßbrücke darf keine frequenzabhängigen Glieder enthalten und auch der Brückenindikator muß frequenzunabhängig sein. Hieraus ergab sich die Kombination einer Vierkapazitätenbrücke mit einem elektrostatischen Nullindikator. Für den Verlustabgleich dient nicht wie üblich eine Kombination aus Wirkwiderstand und Scheinwiderstand, sondern es wird ein phasenverschobener Hilfsstrom in die Brücke eingeführt. Hierzu ist ein Frequenzgenerator notwendig, der zwei Wechselspannungen gleicher, veränderlicher Frequenz mit vorgegebenem konstanten Phasenunterschied liefert. Eine von Eberhard, Rupp und Nüblein angegebene Mischschaltung läßt sich für diesen Zweck verwenden. Als Indikator dient ein Elektrometer; ein an Spannbändern aufgehängtes Blättchen wird durch die Meßspannung abgelenkt. Diese Bewegung steuert kapazitiv über einen Verstärker

<sup>1</sup> Der Verf. will die Berechnung der Eigenschwingungszahlen von Drehmomentfedern ausführlich in Z. angew. Math. u. Mech. veröffentlichen.

und Hilfsmotoren die Abgleichorgane. Man braucht zwei Elektrometer, deren Hilfsspannungen um  $90^\circ$  phasenverschoben sind. Das eine wirkt auf den Abgleichkondensator für Kapazität bzw. Dielektrizitätskonstante, das andere regelt über einen Drehkondensator mit Hilfsmotor den Verlustabgleich. Mit den Abgleichkondensatoren sind Schreiberwerke verbunden. Die Brücke ist im Bereich zwischen 20 Hz und 1 MHz bereits erprobt. Das Elektrometer mit Verstärker ist auch für Isolationsmessungen geeignet. Ab

DK 621.317.705

#### Eichung von Elektrizitäts-Meßgeräten

Nr. 602<sup>1</sup> Induktions-Elektrizitätszähler für mehrphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	EM6	212 200

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 ist die von der Firma Heliowattwerke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin hergestellte Elektrizitätszählerbauart der obengenannten Form zur Eichung unter der Zulassungsbezeichnung 212 als Groß-

bereichzähler in dem unten angegebenen Umfang zugelassen worden.

Braunschweig, den 11. Mai 1950.

Nr. 603<sup>2</sup> Induktions-Elektrizitätszähler für einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	CG11	212 197
212	MG9	212 161

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 sind die von der Firma Paul Firchow Nachfr. in Berlin hergestellten Elektrizitätszählerbauarten der obengenannten Formen einschl. der Nebenformen zur Eichung unter den angegebenen Zulassungsbezeichnungen als Großbereichzähler in dem unten angegebenen Umfang zugelassen worden.

Braunschweig, den 11. Mai 1950.

Nr. 604<sup>2</sup> Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	EFk1 <sup>t</sup> , EFk2 <sup>t</sup>	212 172

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 sind die von der Firma Heliowattwerke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin hergestellten Elektrizitätszählerbauarten der obengenannten Formen zur Eichung unter der Zulassungsbezeichnung 212 als

Großbereichzähler in dem unten angegebenen Umfang zugelassen worden. Die Zulassung erstreckt sich auch auf die bisher zugelassenen Nebenformen der Zähler mit den Formzeichenzusätzen . . . R und . . . f.

Braunschweig, den 11. Mai 1950.

Nr. 605<sup>2</sup> Elektrizitätszähler für mehrphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	DK3	212 168
212	DK4	212 187

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942

<sup>1</sup> Auszug aus Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) H. 10.

<sup>2</sup> Auszug aus Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) H. 11.

sind die von der Firma Mierisch & Co. in München hergestellten Elektrizitätszählerbauarten der obengenannten Formen zur Eichung unter den angegebenen Zulassungsbedingungen zugelassen worden.

Braunschweig, den 11. Mai 1950.

Der Präsident  
der Physikalisch-Technischen Anstalt  
zu Braunschweig  
(zuständig für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland)  
i. V. Kornatz

### Elektrowärme

DK 621.941 : 621.364.12

Zerspanen mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens. [Nach F. Häck: Werkstatttechn. u. Masch.-Bau 40 (1950) S. 77; 3 S., 2 B.]

Harte Werkstoffe wie Hartguß und Manganhartstahl lassen sich spangebend nur unter großen Schwierigkeiten bearbeiten. Da bei höheren Temperaturen die Festigkeit und damit der Formänderungswiderstand und die Schnittkraft stark absinken, wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem der zu zerspanende Werkstoff unmittelbar vor dem Angriff des Werkzeugs durch einen elektrischen Lichtbogen örtlich erhitzt wird.

- a Werkstück
- b Drehmeißel
- c Schnittstelle
- d Kohlelektrode
- e Lichtbogen
- f Isoliertisch
- g Einstellen der Kohlelektrode
- h Schutzschild

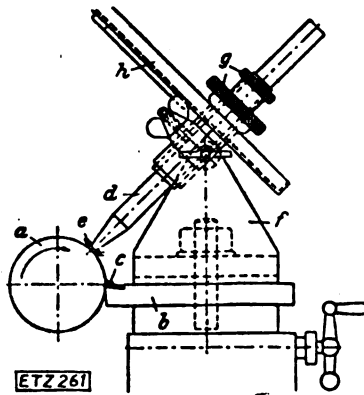


Bild 6 zeigt die dafür entwickelte Vorrichtung, den sogenannten „Heiß-Drehapparat“<sup>1</sup>. Die Werkzeugmaschine wird an den Pluspol eines Gleichstrom-Schweißumformers gelegt, der Minuspol an eine Elektrode aus Spezialkohle, die in einem auf dem Meißelhalter befestigten Isoliertisch eingespannt wird. Die Elektrode wird so eingestellt, daß ein Lichtbogen von 3 ... 6 mm Länge entsteht, der während des Schnittvorganges den Werkstoff vor der Schnittstelle erwärmt. Die gewünschte Tiefenwirkung (entsprechend der Schnitttiefe) wird erreicht durch Änderung der Schnittgeschwindigkeit, also der Erwärmungsdauer, die ja von der Schnittgeschwindigkeit abhängt, oder der Stromstärke. Der Verfasser beschreibt günstig verlaufene Dreh- und Hobelversuche mit Stromstärken von 150 ... 350 A; als Werkzeug diente ein Hartmetall-Meißel S 1. — Es wäre erwünscht, bei künftigen Versuchen die Schnittfläche bzw. die Zerspanleistung zu messen, um prüfen zu können, ob sich auch bei normalen Werkstoffen die Mengenleistung durch das neue Verfahren wirtschaftlich steigern läßt. Ickert

DK 621.364.16 : 621.315.616 : 621.979

Zweckmäßige Arbeitsmethoden beim Vorwärmen härterer Preßmassen im Hochfrequenzfeld. [Nach G. Jabbusch: Kunststoffe 40 (1950) S. 183; 2 S., 3 B.]

Der Verfasser weist auf die Bedeutung der Vorwärmung von Preßmassen vor dem eigentlichen Preßvorgang hin, die bei gleichen Preßzeiten niedrigere Drucke zuläßt oder bei gleichen Drucken die Preßzeiten verkürzt. Der Erwärmung im Ofen zeigt sich die Erwärmung im Kondensatorfeld überlegen durch gleichmäßige Durchwärmung in kürzester Zeit. Die Bedeutung der gleichmäßigen Temperatur liegt besonders darin, daß im Preßling nicht Schichten verschiedenen Aggregatzustandes entstehen können. Die Vorwärmzeiten gehen (nach einer vom Verfasser aus einer anderen Schrift-

<sup>1</sup> Hergestellt von der Präzisions-Werkzeugmaschinen-Fabrik Elmeso, Eilfried Mengel, Solingen.

tumsstelle übernommenen Zusammenstellung) auf ein Drittel und weniger zurück, je nach der Beschickungsmenge und der Preßmassenart. Zur Ausnutzung des Zeitgewinnes muß das Hochfrequenz-Erwärmungsgerät möglichst dicht an die Presse herangerückt werden, damit nach Erreichen der Endtemperatur sofort der Preßvorgang anschließen kann.

Bei der Vorwärmung pulverförmiger Massen verwendet man Behälter aus nichtleitendem Werkstoff mit möglichst niedrigem Verlustfaktor, zum mindesten für die Seitenwände. Auch Beutel können eingesetzt werden, die man aber hinreichend flach drücken muß, damit das Feld zwischen den Platten des Arbeitskondensators möglichst homogen wird. Bei feuchten Preßmassen — und die meisten Preßmassen enthalten etwas Feuchtigkeit — wird die Feuchtigkeit verdampft. Die obere Elektrode hat meistens keine Berührung mit der Preßmasse, bleibt also kalt. Sie muß deshalb perforiert werden, da sich sonst die verdampfte Feuchtigkeit an ihr niedergeschlagen würde. Ein saugfähiger Überzug aus Glasfasergewebe ist empfehlenswert, damit die sich an den Elektroden ansammelnde und sonst von ihr abtropfende Flüssigkeit weder einen Kurzschluß noch etwa örtliche Verfärbung der Preßmasse hervorrufen kann. HM

### Verkehrstechnik

DK 621.331 : 625.1 (438)

Bahnelektrifizierung in Warschau. [Nach Rev. gén. Chem.-de-Fer 69 (1950) S. 175; 4 S., 1 B.]

Die Elektrifizierung wurde Mitte 1939 unterbrochen und es ist daher erklärlich, daß Berichte seither kaum außer Landes gekommen sind. Die Betriebsbedingungen und -erfahrungen verdienen im vorliegenden Falle eine besondere Beachtung. In Warschau münden 7 Hauptlinien ein, von denen 5 starken Vorortsverkehr haben. Ihre gegenseitige Verbindung führt quer durch die Stadt, zum Teil im Tunnel. Geplant war die Elektrifizierung in drei Abschnitten, in einem Umkreis von 100 km von Warschau. Die im folgenden wiedergegebenen Zahlen beziehen sich jedoch nur auf den ersten Abschnitt von 105 km. Aus der Fülle von 17 Projekten europäischer Firmen wählte man die 3000 V-Gleichstromlösung, um auch einer späteren Netzerweiterung gewachsen zu sein. Der mechanische Teil der Fahrzeuge wurde von polnischen Firmen, die elektrische Ausrüstung hierfür aus Großbritannien geliefert. Die Strecken wurden überwiegend von polnischen Firmen nach britischer Planung ausgerüstet. Die Energie wird mit 35 kV Drehstrom von 2 Werken in bahneigenen Leitungen den 6 Unterwerken zugeführt. Einige von ihnen können wahlweise aus Sicherheitsgründen aus dem Landesnetz gespeist werden.

Der Abstand der Unterwerke beträgt im Mittel 21 km, an 2 Stellen der höheren Belastung wegen jedoch nur 8 km. Sie sind mit 2x2000 kW- bzw. 3x2500 kW-sechsanodigen Stahlgleichrichtern britischer Herkunft ausgestattet, die 15 min lang 50% und stoßweise 200% überlastbar sind. Die Leerlaufspannung beträgt 3650 V, während bei 100% Überlast noch 3050 V gehalten werden. Da die Fahrzeuge nicht mit Schnellschaltern ausgestattet sind, wurden in den Unterstationen solche mit 0,01 s Auslösezeit und 800 A Auslösestrom vorgesehen. Diese Zeit entspricht einer Viertelumdrehung der Triebmotoren bei 80 km/h Fahrgeschwindigkeit. Nur eine Unterstation ist bemannt, während die anderen 5 halb selbsttätig und ferngesteuert sind.

Die Fahrleitung muß jährlichen Temperaturunterschieden von -30 ... +30 °C sowie täglichen Schwankungen bis zu 35 °C, ferner einer Rauhreifbelastung von 1,2 kg/m und schließlich einem Winddruck von 60 kg/m<sup>2</sup> gewachsen sein. Sowohl das Aufhängeseil wie die beiden Fahrdrähte haben alle 1200 m eine Gewichtsnachspannung. Das Tragseil besteht aus Kadminumkuper mit 19 Drähten (2 mm Dmr.) und 60 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit. Für die 2 Fahrdrähte ist Hartkuperprofil 100 mm<sup>2</sup> mit 38 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit vorgesehen. Der auf Kuper umgerechnete Gesamtquerschnitt beträgt 250 mm<sup>2</sup> je Gleis. Speiseleitungen sind nicht vorgesehen. Die Fahrleitung hat bei und zwischen den Unterstationen Trennstellen. Der Mastabstand in der Geraden beträgt 70 m. Querüberspannungen in Bahnhöfen werden durch Bronzeseile über höchstens 9 Gleise ermöglicht.

Für die Erstausrüstung wurden 6 BB-Lokomotiven von 78 t Gewicht und 4 leichtere vorgesehen. Für einen Heizkessel standen weder Raum noch freies Gewicht zur Verfügung, so daß die Personenwagen von einem besonderen Heizwagen mit Dampf geheizt werden. Die 4 Triebmotoren haben Fremdbelüftung, 470 PS Dauerleistung und



je 2 liegen dauernd in Reihe an 3000 V. Eine einseitige, gefederte Zahnradübersetzung von 22:69 überträgt die Leistung auf die Treibräder (1220 mm Dmr.). In Reihen- und Reihenparallelschaltung sind je 4 wirtschaftliche Fahrstufen möglich. Über 20 Schalter kann sowohl von Hand als auch elektropneumatisch gesteuert werden. Eine Mehrfachsteuerung ist nicht vorgesehen. Die Anfahrwiderstände sind als Gußeisengitter in einer Kammer mit natürlichem Luftwechsel untergebracht und so bemessen, daß ein Zug von 500 t auf 12,5‰ Steigung dreimal hintereinander angefahren werden kann, wenn zwischendurch 2 min Pause eingelegt werden. Die Nebenbetriebe werden mit 110 V aus 2 parallelliegenden Motorgeneratoren gespeist. Die 4 leichten Lokomotiven haben die gleiche Ausrüstung wie die Triebwagen, sind aber nur für 64 km/h Höchstgeschwindigkeit ausgelegt.

Die ersten 60 und späteren 16 Züge bestehen aus einem Triebwagen und 2 Beiwagen. Bis zu 3 solcher Einheiten können zusammengefügt werden. Die Höchstgeschwindigkeit ist mit 85 km/h festgelegt. Eine Anfahrbeschleunigung von 0,56 m/s<sup>2</sup> kann bis 48 km/h eingehalten werden. Die Triebmotoren haben 144 PS Dauerleistung bei Eigenlüftung. Es sind wiederum 2 dauernd in Reihe geschaltet, 5 bzw. 4 Anfahrstufen und je 2 Feldschwächungsstufen zu 73 und 60‰ kennzeichnen die Reihen-Reihenparallelschaltung. Die Stromabnehmer sind mit Kupferbändern belegt, haben ein Höhenprofil von 2 m, 7 kg mittleren Anpressungsdruck und wiegen 350 kg. Ein Motorgenerator versorgt die Steuerung und die Nebenbetriebe. Ein Zug wiegt leer 115 t, und bietet 262 Sitz- und rund 500 Stehplätze (151 kg Leergewicht je Fahrgast).

Der Energieverbrauch betrug 1938 33,3 Mio. kWh bei einer Spitze von 25 MW, das sind nur 1330 Jahresbenutzungsstunden. Im Jahresmittel waren die Gleichrichter nur mit 13‰ belastet, die mittlere Fahrdrachtspannung war mit 3500 V recht hoch. Der durchschnittliche Spannungsverlust in der Fahrleitung betrug 5 ... 6‰. Bis Mitte 1939 wurden von allen Fahrzeugen zusammen 13 Mio. km zurückgelegt. Die Lokomotiven werden alle 10 Tage auf 12 h zur Untersuchung aus dem Dienst gezogen. Die Triebmotoren erlitten wegen ungenügenden Isolationswiderstandes öfter Schäden, wohl weil die Netzspannung meist wesentlich zu hoch lag. Die Anfahrwiderstände wurden durch übermäßige Erhitzung häufig zerstört. Aus dem Zahnradkasten drang Fett in die Motorenlager; die fehlerhafte Funktion der elektropneumatischen Bremsenrichtung verursachte platte Stellen an den Radreifen. An den geschweißten Drehgestellen zeigten sich Risse. Offenbar ist die gewählte Bauart gegenüber Stößen zu unelastisch. *Hom*

## Landwirtschaft

DK 651.54 : 621.54

**Beregnungsanlagen.** [Nach J. Kar: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) S. 87; 5 S., 6 B.]

In Österreich gelten, wie J. Kar zeigt, im wesentlichen die gleichen Faustzahlen für Beregnungsanlagen wie in Deutschland. Die Strahlreichweiten der Drehstrahlregner liegen zwischen 10 und 120 m, was einer beregneten Kreisfläche von 300 ... 45 000 m<sup>2</sup> je Regneraufstellung entspricht, die Wasserspende eines solchen Regners liegt im Spielraum von 1,5 ... 300 m<sup>3</sup>/h und der erforderliche Betriebsdruck am Regner zwischen 1 und 12 atü. Je nachdem, ob die Rohrleitungen und die Pumpen eingebaut oder transportabel sind, werden die Beregnungsanlagen als ortsfest, halbortsfest — besser: teilortsfest — oder beweglich bezeichnet. Für den Antrieb der beweglichen Beregnungsanlagen kommen, da eine Stromzuleitung zu mehreren Wasserentnahmestellen auf Schwierigkeiten stößt, in erster Linie Dieselmotoren und gegebenenfalls Traktoren in Betracht, seltener auch Dampflokomo-bilen. Dagegen sind bei den vorwiegend ortsfesten Beregnungsanlagen die Pumpen fest eingebaut. Für die Wahl der Arbeitsmaschine — Elektromotor, Rohölmotor o. a. — sind Überlegungen über die Wirtschaftlichkeit in Anschaffung und Betrieb, den Ausnutzungsgrad, den Tarif und gegebenenfalls Zeitbeschränkungen maßgebend.

Ein Beregnungsplan soll in jedem Fall der Planung und dem Betrieb einer Beregnungsanlage zugrunde gelegt werden. Er muß eine Übersicht über die vorgesehenen Regengaben zu allen Kultur- und Fruchtarten für die zu beregnenden Flächen geben und zeigt dann Wasserverbrauch und Betriebsstundenzahl der Anlage in jeder Dekade der Wach-

tumszeit. Im allgemeinen schwankt die Jahressumme des Zusatzregens bei der Ackerberegnung zwischen 20 und 120 mm; das Mittel liegt etwa bei 80 mm, das sind 800 m<sup>3</sup>/Jahr und Hektar beregneter Fläche, bei Grünland und Spezialkulturen höher bis 300 mm/Jahr. Angemessen ist für Ackerberegnung eine stündliche Fördermenge der Beregnungsanlage von 1 ... 1,5 m<sup>3</sup>, die für Grünland, Feldgemüse oder Spezialkulturen auf 2 ... 4 m<sup>3</sup>/h ansteigt. Der Ausnutzungsgrad einer so bemessenen Anlage beträgt im Mittel etwa 850 Betriebsstunden jährlich, wird also im Vergleich zum Einsatz anderer landwirtschaftlicher Maschinen und auch zum üblichen Stromverbrauch im Wirtschaftshof recht hoch.

Die Beziehungen der Feldberegnung zur Energiewirtschaft werden durch die folgende Gegenüberstellung beleuchtet, welche Zahlen aus einem Rechenbeispiel und die Schwankungsbreite der in der Praxis vorkommenden Werte zeigt:

	Beispiel	Praxis
Motorleistung je Flächeneinheit	0,64 kW/ha	0,1 ... 1,0
Strombedarf je m <sup>3</sup> Zusatzregen	0,42 kWh/m <sup>3</sup>	0,3 ... 0,5
Jahresstromverbrauch je Hektar beregneter Fläche	487 kWh/ha	75 ... 1000

Der Leistungsbedarf solcher Anlagen schwankt also je nach Ausnutzung, Höhenunterschied, Betriebsdruck, Rohrleitungslänge und Leitwiderständen in sehr weiten Grenzen, ebenso der Jahresstromverbrauch je Hektar, dieser nach der Art und dem Ausnutzungsgrad der Anlage. Die angegebene Schwankung des Jahresstromverbrauches entspricht einem Spielraum von 15 mm bis 200 mm jährlicher Zusatzregenhöhe. Wie stark in einem Jahr die Beregnungsanlage eingesetzt wird, hängt hauptsächlich von Menge und Verteilung der Niederschläge ab.

Bei elektrischem Antrieb ist Nachtstrom nicht nur preisgünstig, sondern die Nachtberegnung gibt auch einen besseren Wirkungsgrad des Wassers, weil die Verdunstungsverluste und die Temperaturunterschiede herabgesetzt sind, sowie eine verminderte Gefahr der Bodenverschlammung. Beispiele von Pauschalтарifen und Staffeltarifen zeigen, wie ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der Beregnung der jährliche Ausnutzungsgrad der Anlage ist. — Mit Recht wird darauf hingewiesen, daß die richtige Planung im Einzelfall besondere Erhebungen erfordert, bei denen die örtlichen betriebs- und energiewirtschaftlichen wie kulturtechnischen Verhältnisse berücksichtigt werden müssen. *Schpp*

## Fernmeldetechnik

DK 621.595.1 (73)

**Erweiterungen im Fernsprechnetz der USA-Westküste.** [Nach D. I. Cone u. C. V. Fowler: Electr. Engng. 68 (1949) S. 1033; 6 S., 2 B.]

Die pazifische Küste in den USA erlebte in dem letzten Jahrzehnt ein außerordentlich starkes Anwachsen der Bevölkerung und damit der Städte, der Industrie und des Nachrichtenverkehrs. Während die Bevölkerung dieser Gegend seit 1915 auf das 3fache wuchs, ist die Zahl der Fernsprechan-schlüsse auf das 7fache und die Zahl der Bezirksleitungs-Kilometer auf das 30fache angestiegen, wobei der Hauptanstieg in die letzten 10 Jahre fällt. Die Pacific Telephone and Telegraph Company und die örtlichen Nachrichten-Gesellschaften lösten ihre Aufgabe durch Ausnutzung der neuesten technischen Entwicklungen auf dem Nachrichten-gebiet. Die Beschreibung gibt einen allgemeinen Überblick mit entsprechenden Literaturhinweisen für die einzelnen Geräte.

Für die Schaffung der Bezirksleitungen in dem Bereich der pazifischen Staaten sowie der Fernleitungen quer durch Amerika zum Anschluß dieser Verkehrszentren an die Atlantik-Staaten wurden in wachsendem Ausmaß neue Trägerfrequenzsysteme sowohl auf Freileitungen, als auch auf Luft- oder Erdkabeln eingesetzt. Dadurch konnten vorhandene Anlagen wirtschaftlicher ausgenutzt und Material (Kupfer, Blei, Holzmasten usw.) erspart werden. Für Freileitungen verwendete man das Trägerfrequenz-System „J“, das auf einer Doppelader im Zweidrahtbetrieb 12 Trägerfrequenzkanäle bringt; auf Kabelleitungen wurde das Trägerfrequenz-System „K“ eingesetzt, das für jede Übertragungsrichtung eine unbespulte Doppelader benötigt und 12 Trägerfrequenzkanäle großer Übertragungsgüte zu schaffen gestattet. Bei sehr großen Leitungsbündeln werden auch Koaxialkabel verwendet, auf denen mit dem Trägerfrequenz-System „L“ je Koaxialleiter 600 Trägerfrequenzkanäle verfügbar werden



Außerdem werden Funkverbindungen, vor allem Dezimeterverbindungen, für schnellen und vorübergehenden Einsatz sowie zum Verkehr mit beweglichen Stationen (Fahrzeugen) verwendet.

Mit der starken Ausdehnung des Fernsprechnetzes wird auch der enorme Fernsprechverkehr immer mehr mechanisiert, vor allem durch mechanische Registrierung und Zählung der Ferngespräche und durch Fernwahl. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen „Beamtinnen-Fernwahl“, bei der der Teilnehmer das zuständige Fernamt anruft und die Beamtin ihn mit dem gewünschten Teilnehmer durch Wahl entsprechender Nummern ohne Vermittlung einer zweiten Beamtin verbindet, und der „Teilnehmer-Fernwahl“, bei der der Teilnehmer selbständig ohne Vermittlung einer Fernamts-Beamtin anruft. Während die Beamtinnen-Fernwahl über ganz Amerika eingerichtet wird, soll die Teilnehmer-Fernwahl im allgemeinen auf den Bezirksverkehr beschränkt bleiben. Man rechnet mit einer besseren Ausnutzung der Einrichtungen und des Personals und einer Beschleunigung und Verbesserung des Betriebsdienstes des Bezirks-Fernverkehrs durch Einführung der Fernwahl. Von den Fernsprechteilnehmern der Pacific Company waren noch Ende 1948 81% an Wählämter angeschlossen. Zb

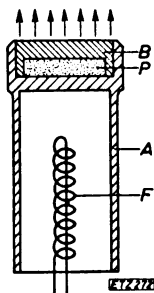
DK 621.385.13 : 537.543.2

**Neue thermisch emittierende Kathode für hohe Belastungen.** (Nach H. J. Lemmens, M. J. Jansen u. R. Loosjes: Philips techn. Rdsch. 11 (1950) S. 349; 10 S., 6 B.)

Während in Radoröhren, Röntgenröhren und Senderöhren für Kurz-, Mittel- und Langwellen die bisher üblichen Kathodentypen befriedigend arbeiten, verlangen die extremen Anforderungen in den UKW-Röhren nach besonderen neuen Entwicklungen. Oft arbeiten diese Kathoden im Impulsbetrieb mit Momentenstromdichten von einigen 10 A/cm<sup>2</sup>. Sie müssen mechanisch die hohen elektrostatischen Kräfte aushalten und die stark beschleunigten zurückfallenden Elektronen ertragen. Durch die Stoßbelastung der anderen Röhrenteile werden beachtliche Gasmenen frei, so daß mit Abtrommelung der Oxydschicht durch das Ionenbombardement und mit Vergiftungserscheinungen der wirksamen Zentren gerechnet werden muß. Auf reine oder thorierte Wolframkathoden kann man bei UKW-Röhren nicht ausweichen, weil die obere Grenze der Abmessungen durch die Wellenlänge festliegt und die spezifische Ergiebigkeit dieser Kathoden zu niedrig ist. Aus diesem Grunde entwickelten die Verfasser eine neue Kathodentypen, die zwar nicht ganz die niedrige Austrittsarbeit der Oxydkathode hat, aber infolge ihres robusten Aufbaues bei etwa 1350 °C betrieben werden kann, gegenüber nur etwa 900 °C bei der Oxydkathode. Legt man diese Temperaturen zugrunde, so gelangt man zu möglichen Emissionsstromdichten von rd. 250 A/cm<sup>2</sup> für die neue L-Kathode.

Der Aufbau ist nach Bild 7 der folgende: Der Heizfaden *F* erwärmt das Molybdän-Formstück *A*, in dem vorne eine Wand aus porösem Wolfram *B* die Oxydpille *P* festhält. Die poröse Kappe wird durch Pressen von Wolframpulver und nachfolgendes Sintern hergestellt. Der thermische Wirkungsgrad der neuen Kathode liegt im ganzen gesehen zwischen der Oxydkathode und der thorierten Wolframkathode. Das ist wegen der höheren Temperatur gut verständlich. Dazu kommt noch die beachtliche Kühlwirkung durch die emittierten Elektronen, die man in gute Analogie zu einer Siedekühlung setzen kann. Die höchste bis jetzt an der neuen Kathode erreichte Emission von 40 A/cm<sup>2</sup> bedingt bei einer Austrittsarbeit von 1,8 eV eine Kühlung von 72 W/cm<sup>2</sup>.

Die Austrittsarbeit der neuen Kathode liegt mit etwa 1,5...2,0 eV merklich höher als die der Oxydkathoden. Man ist aus diesem Grunde gezwungen, die neue Kathode nicht als eine Abart der Oxydkathode anzusehen, sondern nimmt vielmehr einen Emissionsvorgang an, der dem bei thoriertem Wolfram ähnlich ist. Bei der Aktivierung wird das Erdalkalioxyd teilweise in Erdalkalimetall und Sauerstoff zersetzt. Der Sauerstoff wird von dem umgebenden Molybdän und Wolfram fast vollständig wieder gebunden. Bei den hohen



A Molybdänkörper, F Heizfaden, B Wand aus porösem Wolfram, P Pastille aus BaO und SrO.  
Bild 7. Schnitt durch eine der neuen Kathodentypen für Klystrons u. ä.

Temperaturen haben die Erdalkalimetalle aber einen Dampfdruck, der dazu ausreicht, sie durch die Poren des Wolfram-Sinterkörpers zu treiben. Auf dem Wolfram bildet sich eine monoatomare Schicht, die durch Adsorptionskräfte festgehalten wird, während dickere Schichten sofort wegdampfen müßten. Wir haben also ganz analoge Verhältnisse wie bei den thorierten Kathoden. Einige experimentelle Tatsachen stützen diese Vorstellung.

Technisch bietet die neue Kathode eine Reihe von interessanten Vorzügen. Sie ist sehr stabil, läßt sich gut handhaben und kann genau maßhaltig bearbeitet werden. Das ist für Scheibendioden usw. sehr bedeutsam, wirkt sich aber auch auf die Elektronenoptik innerhalb der Röhre günstig aus, weil die Felder durch aufsitzendes Korn usw. nicht deformiert werden können.

Die neue Kathode wird durch Elektronen- und Ionenbombardement sowie durch O<sub>2</sub>-Vergiftung ebenfalls angegriffen, allerdings erheblich weniger als die bisher üblichen Oxydkathoden. Außerdem ist sie beträchtlich regenerierfähiger. Eu

DK 621.397.3

**Kellfaktor und Bildauflösung bei Fernsehsendungen.** [Nach E. Sch w a r t z : Fernmeldetechn. Z. 3 (1950) S. 185; 5 1/2 S., 6 B.]

Wenn man einen Fernsehkanal mit fester Bandbreite so gut wie möglich ausnutzen will, muß man die Zeilenzahl so bestimmen, daß die Bildauflösung in horizontaler und vertikaler Richtung gleich wird. Man kann nun für die Berechnung zunächst die theoretische, sich aus der reinen Bildgeometrie ergebende Auflösung in beiden Richtungen gleichsetzen und kommt dann zusammen mit der verfügbaren Bandbreite zu einer Zeilenzahl, die zum Kellfaktor 1 führt. Nun haben zahlreiche Autoren darauf hingewiesen, daß durch praktische, vom Stande der Technik abhängige Mängel eines Empfangsgerätes die theoretische Vertikalauflösung nicht voll erreicht wird, sondern um einen Unschärfefaktor *u* hinter dem theoretischen Wert zurückbleibt. Setzt man nunmehr diese verringerte Vertikalauflösung in die Bedingung gleicher Schärfe ein, so erhält man eine Zeilenzahl, die einem Kellfaktor *k* entspricht, wobei *k* die gleiche Größe hat wie *u*. Der Verfasser vergleicht die wichtigsten Fernsehsysteme und stellt fest, wie weit der effektive Kellfaktor der Systeme von dem Soll-Kellfaktor abweicht. Wenn man einen Soll-Kellfaktor vom Werte Eins zugrunde legt, so zeigt sich, daß sämtliche in der Arbeit geprüften Systeme zu hohe Zeilenzahl haben würden. Bei dem in Amerika anerkannten Wert von 0,8 ist die alte amerikanische Zeilenzahl von 441 zu klein und die neue von 525 zu groß. Die in Deutschland und scheinbar in ganz Europa sich einführende Zeilenzahl von 625 ist für deutsche Verhältnisse etwas zu klein, könnte evtl. erhöht werden, aber andererseits ist kürzlich das Format des Fernsehbildes den ausländischen Verhältnissen angepaßt worden und dadurch stimmt die Zeilenzahl 625 mit dem in Deutschland verfügbaren Fernsehkanal wieder besser überein. Die Arbeit bringt explizite Formeln für Auflösung, Kellfaktor und Schärfe in Abhängigkeit von der Zeilenzahl. Eb

DK 621.396.931 : 629.114.6

**Funkverkehr mit Autotaxen.** [Nach Techn. Rdsch. 42 (1950) Nr. 44, S. 4; 3 S., 7 B.]

Die Arbeitsweise bedeutender Taxameter-Unternehmungen in Großstädten hat bei der bisher gegebenen Verständigungsmöglichkeit zwischen dem Taxifahrer an festen Standplätzen und dem Telephondisponenten des Unternehmens den großen Nachteil zahlreicher unvermeidlicher Leerfahrten. Um diese unrationelle Betriebsweise zu verbessern, hat ein führendes Taxiunternehmen in der Schweiz — die „A. Walti Furrer AG“ — in Gemeinschaftsarbeit mit den Firmen BBC, Albis und der Gener.-Dir. der PTT in jahrelanger Entwicklungsarbeit eine UKW-Sprechanlage entwickelt. Sie besteht aus 3 örtlich getrennten Teilen mit verschiedenen Funktionen:

a) der Bedienungsanlage im Büro der AWF, die so eingerichtet ist, daß in dringenden Fällen auch Gespräche vom Fahrzeug in das öffentliche Fernsprechnetzz der PTT vermittelt werden können,

b) der ortsfesten Sende- und Empfangsstation; diese ist mit Rücksicht auf die UKW-Strahlung in der hochgelegenen Telephonzentrale der PTT untergebracht und durch eine Zweidraht-Telephonleitung fest mit Teil a) verbunden. Sie steht außerdem in Funkverbindung mit allen eingesetzten Fahrzeugen,

c) den beweglichen Sende- und Empfangsanlagen in den Fahrzeugen.

Im Gegensatz zu dem in USA üblichen Verfahren des gemeinsamen Anrufes ist ein Selektiv-anruf gewählt, jedes bewegliche Gerät hat eine eigene Rufnummer. Ein vorgeschaltetes Siebgerät sichert, daß nur der Empfänger des verlangten Wagens auf den Ruf ansprechen kann, obwohl alle Sender und Empfänger auf gleicher Frequenz arbeiten. Einfachste Bedienung ist durch weitgehende Automatisierung der Steuerungsorgane erreicht. Wird ein Wagen angerufen, so spricht nur die Anlage dieses Wagens an, während in den anderen Fahrzeugen ein Besetzzeichen aufleuchtet. Gleichzeitig werden ihre Anrufeinrichtungen automatisch gesperrt. Die Funkanlage des angerufenen Wagens, die von der Starterbatterie gespeist wird, schaltet sich automatisch ein. Beim Auflegen des Telephonhörers wird durch einen Schlußimpuls die Anlage für weitere Gespräche frei. Bei einem Anruf vom Fahrer laufen dieselben Schaltvorgänge ab.

Die Antennenleistung beträgt bei der ortsfesten Anlage 50 W, bei den beweglichen Stationen 30 W. Die Arbeitsfrequenz ist auf 30 oder 42 MHz fest einstellbar. Gegen äußere und atmosphärische Störungen sind die Einrichtungen unempfindlich. Die beweglichen Stationen sind im Kofferraum des Wagens untergebracht, lassen jedoch noch genügend Platz für das Fahrgastgepäck.

Die Bedienungseinrichtungen sind für den Fahrer bequem erreichbar im Instrumentenbrett montiert. Der Betriebszustand wird durch farbige Signallampen gekennzeichnet. Alle Geräte sind so konstruiert, daß fehlerhafte Teile weitgehend ausgetauscht werden können.

Ein Erfahrungsbericht über praktische Bewährung und erhöhte Wirtschaftlichkeit liegt z. Zt. noch nicht vor, es ist jedoch anzunehmen, daß sich ähnliche Großunternehmungen in anderen europäischen Weltstädten bald dieser interessanten technischen Neuerung bedienen werden. Pj

DK 621.394.74 (45)

**Deutsches Fernschreibnetz.** — Das Fernschreibnetz der Deutschen Post wird z. Zt. erheblich ausgebaut. Im Bau oder geplant sind Ämter in Ulm, Würzburg, Heilbronn, Krefeld, Emden, Oldenburg, Osnabrück, Bayreuth, Aachen und Karlsruhe, während bestehende Ämter erweitert wurden (Bild 8). Nachdem kürzlich die Wählämter Bielefeld und Regensburg fertiggestellt wurden, konnte dieser Tage das Fernschreibamt Siegen (C. Lorenz AG., Stuttgart) seiner Bestimmung übergeben werden. Fi

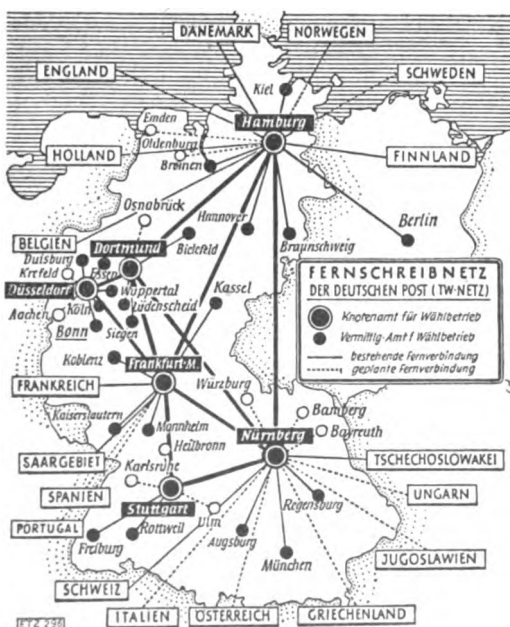


Bild 8. Das Fernschreibnetz der Deutschen Post im Frühjahr 1951.

Magnetismus

DK 318.42.042.14 : 621.315.617 : 537.563

**Magnetkerne aus dünnem Band, isoliert durch Kataphorese.** [Nach H. L. B. Gould: Electr. Engng. 69 (1950) S. 544.]

Übertragerkerne für sehr hohe Frequenzen werden u. a. für Breitbandtelephonie verlangt. Es ist notwendig, eine hohe wirksame Permeabilität und geringe Kernverluste bei der Arbeitsfrequenz zu erhalten; dies kann nur erreicht werden durch äußerst geringe Banddicke und sichere Isolation der einzelnen spiralig gewundenen Lagen, die auch der abschließenden Wärmebehandlung widersteht. Bei der Entwicklung eines Verfahrens, dünne Bänder im Durchlauf zu isolieren, hat die Kataphorese zum besten Erfolg geführt, weil sie eine dünne gleichmäßige Isolierschicht gewährleistet, deren Dicke beeinflusst werden kann. Das Band wird durch eine kolloidale Suspension von Isolierteilchen gezogen, die durch den Einfluß eines elektrischen Potentials niedergeschlagen werden. Die fein verteilten Teilchen sind durch die Adsorption einer ionischen Doppelschicht geladen und ihre Bewegung kann mit dem Ionenstrom in einer Lösung verglichen werden. Die Teilchen geben ihre Ladung an die Anode ab und werden an ihr in einem dünnen Film niedergeschlagen. Das Haften dieses Filmes ist dem guten Kontakt mit der Bandoberfläche zuzuschreiben und der engen Anlagerung der übrigen Partikel, nachdem die erste Schicht niedergeschlagen ist. Die Menge des Niederschlages und infolgedessen die Schichtdicke ist praktisch eine lineare Funktion der Zeit und proportional der angelegten Spannung.

Da die Dicke der Isolierschicht etwa 1/10 der Banddicke betragen soll, diese aber bis zu  $6,25 \cdot 10^{-3}$  mm heruntergehen kann, dürfen die Isolierteilchen höchstens von der Größe eines halben Mikrons sein. Von den untersuchten Pulvern Magnesiumoxyd, Titanoxyd, Aluminiumoxyd, Quarzpulver und Kieselsäure, gemischt in Methylalkohol, Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen oder Azeton, hat sich Kieselsäure ( $H_2SiO_3$ ), ein weißes Pulver, in Azeton am besten bewährt. Bemerkenswert ist, daß der Isolierfilm aus Kieselsäure bis zu Temperaturen von 1000 °C wirksam ist, selbst unter Schutzgasatmosphären, wie sie zur Wärmebehandlung magnetischer Stoffe üblich sind. Während dieser Wärmebehandlung wird die Kieselsäure durch Abspalten von  $H_2O$  zu  $SiO_2$  Siliziumdioxid, reduziert.

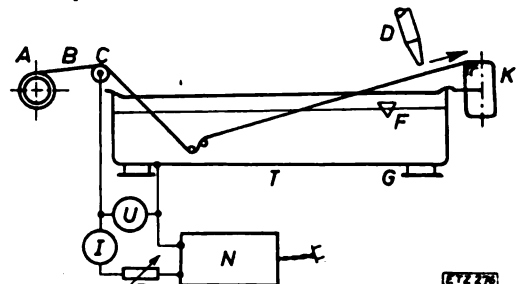


Bild 9. Kataphoreseeinrichtung. A Vorratsspule, B Band, C Kontaktrolle, D Warmluftdüse, F Flüssigkeit: Kieselsäurepulver in Azeton gemischt, G Isolierklotz, I Strommesse: K Kern, N Netzgerät, R Regelwiderstand, T Trog, U Spannungsmesse: Fi

Der grundsätzliche Aufbau der Kataphoreseeinrichtung ist im Bild 9 gezeigt. Der Trog besteht aus rostfreiem Stahl und ist isoliert aufgestellt. Ein Kontaktlager, das positiv geladen wird, führt den Strom zu dem als Anode wirkenden Band. Der negative Pol des Netzgerätes ist mit dem Trog verbunden. Die angelegte Spannung beträgt 25 V, die Temperatur der Warmluft zum Trocknen 65 °C. Die Dicke der Isolierschicht kann beeinflusst werden durch: die Bandlänge im Bad, die Konzentration, den Warmluftstrom, die Ge-

Tafel 1. Permeabilität  $\mu$  bei verschiedenen Frequenzen in Abhängigkeit von der Banddicke (4—79 Mo-Permalloy).

Frequenz kHz	Banddicke in $10^{-8}$ mm		
	50	12.5	6.25
1	16 000	8 500	—
10	7 500	8 000	6 000
100	900	2 800	4 000
1000	—	—	800
10000	—	—	200

windigkeit und die Stromstärke. Tafel 1 zeigt für einige Frequenzen die Änderung von  $\mu$  (vom Verfasser mit Volumenpermeabilität bezeichnet) für verschiedene Banddicken.

DK 538.652

**Statische und dynamische Magnetostraktion von austenitischen Eisen-Nickel-Legierungen.** [Nach H. Devèze: Ann. Phys., Paris, 5 (1950) S. 80.]

Die für Ultraschallsender und -empfänger wichtige Längenänderung im Magnetfeld (Magnetostraktion) wird bei Gleichfeld- (statisch) und Wechselfelderregung (dynamisch) an austenitischen Eisen-Nickel-Legierungen mit einem Ni-Gehalt zwischen 29,8 und 100% bestimmt. Außerdem wurde die Eisen-Nickel-Legierung mit 36% Ni in den 4 Behandlungszuständen: warmgewalzt, gegläht 30 min 850 °C/Wasser, 30 min 850 °C/Abkühlungsgeschwindigkeit: 150 °/h, 30 min 1000 °C Abkühlungsgeschwindigkeit: 150 °/h untersucht. Die mit der optischen Interferenzmethode bestimmte statische Magnetostraktion der Legierungen ergibt im wesentlichen die gleichen von anderen Autoren her bekannten Werte. Der Verfasser findet, daß die statische Magnetostraktion  $\Delta l/l$  der untersuchten Legierungen eine eindeutige Funktion der Induktion ist, während die Feldstärkenabhängigkeit deutliche Hysteresen besitzt. Für die Induktionsabhängigkeit gilt die Beziehung  $\Delta l/l \cdot 10^6 = (B/B_0)^\lambda$ , wobei  $B_0$  der Induktionswert ist, bei dem  $\Delta l/l = 10^{-6}$  und  $\lambda$  gleichfalls eine Materialkonstante zwischen 2 und 3 ist. Die Ergebnisse über die statische Magnetostraktion bei der 36prozentigen Eisen-Nickel-Legierung zeigen eine praktische Unabhängigkeit von Unterschieden im Behandlungszustand, da die Werte von  $B_0$  und  $\lambda$  in den verschiedenen Zuständen innerhalb der Meßgenauigkeit einander gleich sind. Die dynamische Magnetostraktion, d. h. die praktisch wichtige Amplitude der magnetostraktiv erregten Probestäbe, zeigt zusätzlich andersartige Abhängigkeiten als die statische Magnetostraktion. Sie hängt ab vom Nickelgehalt, von der thermischen Behandlung, von der mittleren statischen Induktion und von der Amplitude der Wechselinduktion bei der Resonanzfrequenz. Die Unterschiede zwischen dynamischer und statischer Magnetostraktion zeigen sich am deutlichsten darin, daß bei der dynamischen Magnetostraktion die 36prozentige Eisen-Nickel-Legierung, bei der statischen Reinickel die größten Werte besitzt. Für eine erregende Induktion mit konstanter Amplitude besitzt die dynamische Magnetostraktion in Abhängigkeit von der statischen Induktion bei einem bestimmten legierungsabhängigen Wert, der aber unabhängig von einem verschiedenen Behandlungszustand ist, ein Maximum. Der Zusammenhang zwischen dynamischer und statischer Magnetostraktion wird formelmäßig angegeben und die Bedeutung für Ultraschallerzeuger gezeigt. Dabei enthält die Formel für die dynamische Magnetostraktion die statische Magnetostraktion nur als Differentialquotient nach der Induktion.

Fbch

## Verschiedenes

DK 681.061.3

**Technisch-wissenschaftliche Tagung Feinwerktechnik in Braunschweig.** — Am 19. und 20. 10. 1950 fand in Braunschweig eine Tagung der Feinwerktechniker statt, zu der das Institut für Feinwerktechnik der T. H. Braunschweig gemeinsam mit dem Braunschweiger Bezirksverein des VDI eingeladen hatte. Nach einem zwanglosen Treffen der Tagungsteilnehmer am Vorabend eröffnete am Donnerstag, dem 19. 10., vormittags, der Vorsitzende des Braunschweiger VDI, Dr. G. Schenk, die Tagung. Zur Begrüßung ergriff Dozent Dr. Kuhlmann das Wort, der die Bedeutung der Feinwerktechnik besonders für die Exportwirtschaft herausstellte. Im Anschluß daran begannen die Einzelreferate. Wir hörten am Vormittag zunächst einen mehr allgemeinen Vortrag von Prof. R. Franke über das Werden einer Konstruktion, zwei Vorträge von H. Reinecke zur Systematik der Spreizmechanismen an Photoapparaten und von Prof. A. Kühl über die Fortschritte der photographischen Optik vor der Kritik des Auges. Kühl besprach vor allem die Verbesserungen photographischer Objektive.

Der Nachmittag galt mit vier Vorträgen von Dr. A. Buechel, Prof. K. Holecek, Dr. G. Brennecke und P. Käppler der Büro- und Rechenmaschinen-Fabrikation. Am Abend fand eine Diskussion über die Getriebetechnik im In- und Ausland statt mit einem einführenden Vortrag von P. Grodzinski (London). Der zweite Tag brachte Einzelreferate. Wir hörten noch einmal Grodzinski über die Anwendung von Diamantenwerkzeugen, Dr. A. Günther über Anwendungsgebiete der Ultraviolettstrahlung in der Technik

und Prof. W. Hofmann über die bisherigen Ergebnisse der Kaltschweißtechnik. Am Nachmittag folgten Vorträge von G. Henicke über die Hochfrequenz-Induktionserwärmung, von Dr. A. Günther über Endmaße aus Quarz, Dr. R. Schulze über die Angleichung von Strichmaßstäben an Endmaße und K. Meyer über meßtechnische Probleme bei der Rockwell-Härteprüfung.

Während der Tagung fanden einige Besichtigungen statt. In der Technischen Hochschule war eine kleine Ausstellung feinwerktechnischer Erzeugnisse veranstaltet. Ein zwangloser Abend in der neuen Mensa der Technischen Hochschule schloß die für alle Teilnehmer anregende und erfolgreiche Tagung harmonisch ab.

J. Euler

DK 621.3 (061.3)

**Die Elektrotagung in Essen.** — Die Tagung, vom „Haus der Technik“ am 28. und 29. Nov. 1950 veranstaltet, sollte ihrem Wesen nach eine Arbeitstagung sein und sich mit den Anwendungen des elektrischen Stromes befassen. Deshalb wurde der Aussprache besonderes Gewicht beigelegt und ihre Leitung bewährten Fachleuten anvertraut. Der gebotene Stoff war außerordentlich reichhaltig und löste ausführliche Diskussionen aus. Sehr interessant waren die Beiträge der ausländischen Tagungsteilnehmer, die aus ihrem Erfahrungskreis heraus wertvolle Anregung für den deutschen Hörer brachten<sup>1</sup>.

Nach einführenden Worten des Direktors des Hauses der Technik, Prof. Dr.-Ing. H. Reischer, und nach kurzen, aber herzlichen Wünschen des Oberstadtdir. Greinert der Stadt Essen für das Gelingen der Tagung führte ein Vortrag von Dipl.-Ing. W. Zillmer (Badenwerk AG.) in die Sorgen der Elektrizitätserzeuger ein und zeigte durch Vergleich mit den Verhältnissen in anderen Ländern, daß der Stromverbrauch in Deutschland durchaus noch nicht dem Stand entspricht, wie wir ihn z. B. in der Schweiz sehen. Freilich erfordert das einen Weiterausbau unserer Stromerzeugung, wenn auch die Verteilungsnetze noch gewisse Mehrbelastung vertragen. Bis dieser Ausbau beendet sein wird, wird die Stromdecke knapp sein, und es wird großer Anstrengungen bedürfen, um Einschränkungsmaßnahmen zu vermeiden.

Der Bericht selbst sprach in seiner Eigenschaft als Leiter des Elektrowärme-Institutes Essen-Langenberg über die Wärmeerzeugung in Wechselfeldern. Als noch am wenigsten für die Wärmeerzeugung durchforscht bezeichnete er das longitudinal schwingende Wechselfeld des Ultraschalls und ging dann auf die Temperaturstrahlung ein, die technisch als Ultraroterwärmung eine erhebliche Rolle spielt. Auch elektromagnetische Schwingungen größerer Wellenlängen, im Zentimetergebiet, können wärmetechnisch ausgenutzt werden, wenn man die Schwingungen durch das zu erwärmende Medium absorbieren läßt. Die Erwärmung von schlechten Leitern oder Werkstoffen hohen spezifischen Widerstandes im hochfrequenten Kondensatorfeld oder von Metallen bzw. guten Leitern im magnetischen Wechselfeld beliebiger Frequenzen wurden ebenfalls betrachtet; beide haben in der Wärmebehandlung von Werkstoffen ihre Aufgaben gefunden.

Am Nachmittag des ersten Tages sprach Dipl.-Ing. H. v. Waechter, (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) über die Probleme der Elektrisierung in der Landwirtschaft. Er wies, gestützt auf eigene Erfahrungen, auf die außerordentliche Bedeutung der Elektrisierung des bäuerlichen Haushaltes hin. Gerade für die Arbeitskraft der Bäuerin, die ohne die Elektrowärme und die elektromotorischen Antriebe im Haushalt gar nicht in der Lage ist, ihre Arbeit zu bewältigen, sei die Elektrizität zu einem unentbehrlichen Helfer geworden. Industrialisierung, zunehmende Abwanderung der Arbeitskräfte vom Land in die Stadt zwingen zur Mechanisierung des landwirtschaftlichen Betriebes und zu seiner Intensivierung. Die Bedeutung neuzeitlicher Transportanlagen für Futter, automatische Stallreinigungsanlagen, Melkmaschinen, Futteraufbereitungsanlagen und ähnlicher Einrichtungen ist kaum zu überschätzen. Erfahrungen in Württemberg mit dem Dorfgemeinschaftshaus dürften die Einführung dieser Einrichtungen auch in anderen Teilen Deutschlands veranlassen. Auch von seiten der Elektrizitätsversorgung dürften solche Einrichtungen

<sup>1</sup> Die Vorträge werden in den Technischen Mitteilungen, Organ des Hauses der Technik, geschlossen veröffentlicht.

begrüßt werden, weil sie die Benutzungsdauer der Anlagen erhöhen und damit die hochbelasteten Niederspannungsnetze entlasten.

Die Vortragsreihe des ersten Tages schloß Obering. Gorn (AEG, Fabriken für Elektroheizung) mit einem Vortrag über die Elektrowärme in der Hauswirtschaft ab. 50 Jahre Erfahrungen auf diesem Gebiet haben die Geräte vervollkommen und sie zu einer wesentlichen Hilfe für die Hausfrau werden lassen. In enger Zusammenarbeit mit den Stromerzeugern haben die Hersteller der Geräte diese sowohl den Anforderungen des Haushaltes als auch der Stromerzeugung angepaßt. So hat die Entwicklung der Kochplatten die Kochzeit bei zunehmender Lebensdauer verkürzt. Ein zweites Gebiet, auf dem in der letzten Zeit erhebliche Fortschritte erzielt worden sind, ist die Heißwasserbereitung. Die Anschlußwerte werden heute höher gewählt und damit auch die Zeiten erheblich verkürzt. So ist der elektrische Durchlauferhitzer heute eine durchaus mögliche Form der Heißwasserbereitung.

Den zweiten Tag eröffnete Obering. H. Oeljeschlager (Hamburg, Elektrizitätswerke) mit seinem Vortrag über die Elektrizität im Gewerbe, in dem die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle, zunehmend aber auch als Elektrowärme eine wichtige Rolle spielt. So ist die Holz Trocknung auf elektrischem Wege für die Tischlerei eine außerordentlich wichtige Hilfe. Im Nahrungsmittel- und Hotelgewerbe hat die Elektrowärme wichtige Aufgaben übernommen. Der Speicherbackofen ist für das Bäckergewerbe wegen seiner Sauberkeit und seiner Betriebsbereitschaft nach Aufheizen in der Nacht vom frühen Morgen bis zum Nachmittag betriebsbereit. Die Möglichkeit, im Gaststättenbetrieb durch Dezentralisierung der einzelnen Teilküchen den Betrieb übersichtlich zu gestalten, ist wesentlich dazu angetan, die Betriebsbereitschaft und Schnelligkeit in der Speisenherstellung zu steigern.

Anschließend berichtete Ing. G. Mais (Landesinnungsmeister Nordrhein-Westfalen) in seinem Vortrag „Gesichtspunkte der modernen Elektro-Installation bei der Elektrifizierung von Wohnhäusern, Gewerbebetrieben und der Industrie“ über die Anforderungen, die durch die neuzeitliche Bautechnik gestellt werden und die teilweise zum Verlassen der bisher üblichen Verfahren gezwungen haben. Durch die Entwicklung neuer Werkstoffe wurde dies ermöglicht. Die Forderungen des sozialen Wohnungsbaues dürfen aber nicht dazu führen, daß das Primitive als gerade gut genug angesehen wird. Bei aller Einfachheit darf der Wohnungsbau nicht zu einer Verkümmern des ohnehin schon tiefen Lebensstandards führen.

Den Vormittag schloß ein Vortrag von Dipl.-Ing. Sick (Dr. Ing. Schneider u. Co.), über moderne Beleuchtungstechnik ab. Die heutige Beleuchtungstechnik hat die Leuchtstofflampe in den Vordergrund gerückt. Die frühere Auffassung, neben einer schwachen Allgemeinbeleuchtung eine starke Platzbeleuchtung zu schaffen, ist heute durch die andere, einer starken Allgemeinbeleuchtung den Vorzug zu geben, abgelöst worden. Diese Wandlung ist durch die Leuchtstofflampe ermöglicht worden, die mit ihrer hohen Lichtausbeute und ihrer gestreckten Form auch bei hoher Anordnung der Leuchtörper eine gute Platzbeleuchtung gewährleistet.

Am zweiten Nachmittag behandelte Dipl.-Ing. Hassler (BBC, Mannheim) Neuerungen der Elektrotechnik in der Eisen- und Metallindustrie. Im wesentlichen befaßte er sich mit der induktiven Erwärmung zur Oberflächenhärtung und zur Anwärmung von zu schweißenden Verbindungen. Für das Schweißen selbst sind neue Schweißautomaten entwickelt worden und die großen Punkt- und Nahtschweißmaschinen durch elektronische Steuerungen vervollkommen worden. Im Walzbetrieb hat sich der gleichrichter gespeiste Walzmotor einführen können. Die wohl teilweise befürchteten Wirk- und Blindlaststöße können die Spannung nicht unzulässig senken, wenn die Walzwerkleistung etwa 30% der Netzleistung nicht überschreitet.

Im anschließenden Vortrag wies Dipl.-Ing. Lemcke (BBC, Mannheim) ergänzend auf einige Neuerungen hin. Das Zusammenwirken von Stromtoren mit elektronischen Steuereinrichtungen und Regelanordnungen z. B. für Drehzahl, Umkehr und Schwingungstabilisierung, unter Umständen zusammen mit Photozellenfühlern, erlaubt z. B. den Präzisionsgleichlauf der Druckwalzen im Mehrfarbendruck. Als weiteres Beispiel nannte er die Steuerung einer Kopierdrehbank mittels einer die Zeichnung abtastenden Photozelle. Bei solchen Umsteuerungen wird eine weiche Umsteuerung selbst in Schnellwenderantrieben erzielt und auch der Überstrom auf niedrigsten Werten gehalten. Diese Re-

gel- und Steuereinrichtungen haben auch sehr zur Vervollkommenung der alten bewährten Regeleinrichtungen beigetragen, ohne diese verdrängen zu wollen und zu können.

Zur Erläuterung der Vorträge waren unter der Leitung von Dipl.-Ing. Becker, RWE, in einer Fachschau eine Reihe von Anschauungsmustern und Modellen vereinigt worden. Einige Schaltungen und Geräte wurden im Betrieb vorgeführt.

Harald Müller

DK 659

**Public Relation — Öffentliche Meinungspflege.** [Nach O. Vent: Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) S. 267; 3 S.]

Eine überraschend starke Resonanz hat das unter dem Stichwort „Public Relation“ aus den USA stammende Verfahren in der deutschen Wirtschaft gefunden. Hierunter ist das Bestreben der Unternehmer zu verstehen, durch Bekanntgabe von Berichten über Bedeutung, Aufgaben, Arbeiten und Erfolge ihrer Unternehmen in der Öffentlichkeit ein tieferes Verständnis, aber auch eine gute Beurteilung zu erwecken. Es handelt sich nicht um eine reine Geschäftsreklame für die jeweiligen Waren oder Fabrikate.

Wie der Verfasser berichtet, pflegten große Unternehmen in den USA, seien es Warenhäuser oder industrielle Betriebe, Public Relation schon seit vielen Jahren, wobei diese Aufgabe ursprünglich eignen Kräften oblag — es gab sogar P. R.-Direktoren als Vorstandsmitglieder —, während in jüngerer Zeit Spezialisten (P. R.-Officers) als freie Berater zugezogen werden. Es hat sich hierfür eine besondere Wissenschaft entwickelt, für die an den Universitäten eigene Lehrstühle für „Öffentliche Meinungspflege“ errichtet worden sind. Die Vorlesungen erfreuen sich eines sehr starken Zuspruches sogar von älteren und leitenden Männern aus der Praxis. Es wird noch hervorgehoben, daß an das Wissen, Können, Auftreten usw. der P. R.-Officers ungewöhnlich hohe Anforderungen gestellt werden, denen aber auch ein hohes Gehalt entspricht.

Der Gedanke ist bei uns in Deutschland keineswegs ganz neu, denn ähnliche Vorschläge wurden hier schon vor Jahrzehnten, aber vergeblich, gemacht. Jetzt erst geht man zur Verwirklichung über, gibt zunächst Werksezeitungen zur Unterrichtung aller Angehörigen der Firma heraus, veranstaltet Betriebsbesichtigungen u. dgl. Die Aufklärung erstreckt sich dann vor allem auf das große Publikum, da dieses doch einmal Käufer der Waren und andererseits auch Erwerber von Aktien usw. beispielsweise der Elektrizitätswerke ist, die mit dem so erhaltenen Kapital ihre Betriebe ausbauen können, was wiederum der Allgemeinheit dient.

Als vorbildlich werden vom Verfasser die Maßnahmen der Deutschen Kohlenbergbau-Leitung hingestellt, die verschiedene neue Wege hierfür beschriften hat, wie u. a. die Veranstaltung eines Preisausschreibens für einen Roman aus dem Leben des Bergmannes, um so den fernstehenden Lesern mit diesem vertraut zu machen. Von Elektrofirma sind in jüngster Zeit drei besonders beachtenswerte Schriften erschienen, und zwar vom RWE-Essen über die projektierten Großbauten sowie vom Städt. EW Köln und den VEW-Dortmund mit den interessanten Entwicklungsgeschichten der Unternehmen. Beide Veröffentlichungen sind reich bebildert und in ihrer Ausstattung beispielhaft.

Im Sinne der P. R. liegt es ferner, wenn schon die Jugend mehr über die Vorgänge in der Industrie unterrichtet wird. Dies kann durch leicht verständliche Beschreibungen, gutes Bildmaterial und Filme u. dgl. geschehen, was wiederum im Ausland — Holland, Schweiz — früher einsetzte als bei uns. Auf diesem Gebiet muß also in Deutschland mehr getan werden, und zwar gerade jetzt, wo nach dem Krieg das ganze wirtschaftliche Leben wieder aufgebaut wird. S b

**Ausstellungen.** — Die Arbeitsgemeinschaft der deutschen Rundfunkwirtschaft gibt bekannt, daß 1951 keine Deutsche Funkausstellung stattfinden wird. Neben einer Kostenersparnis verspricht man sich davon, daß die bewährten Typen der Vorjahrsgeräte unverändert weiter abgesetzt werden können und dadurch billiger werden. Auch der Entwicklungsstand der deutschen Fernsehtechnik würde 1951 keine Funkausstellung rechtfertigen, da die Sendeergesellschaften in diesem Jahr noch kein regelmäßiges Fernsehprogramm senden können.

Die Achema X (Ausstellungstaqung für chemisches Apparatewesen) wird erst Ende Mai 1952 in Frankfurt a. M. stattfinden. 1951 findet aber die Dechema-Hauptversammlung statt, und zwar vom 27. bis 30. Mai ebenfalls in Frankfurt a. M.

R

## VERSCHIEDENES

### SITZUNGSKALENDER

- ETV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33  
 8. 2. 51, 18.15, Hörsaal EB 301 d. TU.: „Die Möglichkeiten der Schallspeicherung“, Dr. F. Bergtold, Dachau.
- ETV Braunschweig, Technische Hochschule Braunschweig  
 2. 2. 51, 20.00, Hörsaal MH I im Hochspannungsinstitut: „Die maschinelle Auswertung von Meßergebnissen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Planung und Rationalisierung mittels Festmengen-Stenogramm“, Dir. Dipl.-Ing. Ferrari.
- ETV Südbaden, Freiburg 1. B., Günterstalstr. 19  
 23. 2. 51: „Der Hochleistungsschalter in Übertragungsanlagen für Industrie und öffentliche Werke“, Dir. Westerhoff.
- VDE-Bezirk Hansa, Hamburg, Hbg. 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 48  
 8. 2. 51, 17.00, Museum f. Völkerkde.: „Elektronische Rechenanlagen“, Dipl.-Ing. Felgentreu, Pläneberg.
- ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70  
 13. 2. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Gesichtspunkte zur Erzielung richtiger Außenbeleuchtung“, Dr. v. d. Trappen, Hamburg.
- VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6  
 6. 2. 51, 17.00, Landesbrandkasse Gartenstr. 6: „Tonfrequente Zentralsteuerung in Starkstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung des AEG-Zellwegger-Verfahrens“, Obering. Grob.
- VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5  
 9. 2. 51, 17.50, Staatl. Masch.-Bauschule Ubierring 48: „Der heutige Stand der Lichttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Leuchtstofflampen“, Obering. Schneider, Heidenheim.
23. 2. 51, Ort u. Zeit wie vor: „HF-Energiekabel“, Dipl.-Ing. Peters, Köln.
- ETV München, Mchn. 2, Blumenstr. 28  
 16. 2. 51, 17.30, Vortragssaal 2 d. dt. Museums: „Die Baustufe Altheim“, Dipl.-Ing. Kising.
- ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
 13. 2. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Regelmaschinen in der Regeltechnik“, Dr.-Ing. F. Nechleba, Nürnberg.
- VDE-Bezirk Bergisch Land, Wuppertal, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52  
 13. 2. 51, 18.00, Stadtbücherei: „Die Erkennung des Feinbaues der Materie (Elektronenmikroskop)“, Prof. Dr. v. Borries.
- Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal, Wpt.-Vohw., Rubensstr. 4  
 12 bis 16. 2. 51, tägl. 14.15 bis 18.00: Kursus „Meßtechnik“, Dr.-Ing. H. Finkelnburg u. a.
- 12 bis 16. 2. 51, tägl. vorm. 8.30 bis 12.00: Kursus „Statistische Methoden in Verkehrs- und Versorgungsbetrieben“, Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Wuppertal.
- 19 bis 23. 2. 51, tägl. 14.15 bis 18.00: Kursus „Gebäudeblitzschutz“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhaagen, Wuppertal.
- Haus der Technik, Essen, Hollestr. 1g  
 20. 2. 51, 16.30, Vortragssaal im HdT.: „Aus der Physik der Niederspannungs-Schaltgeräte“, Dir. H. Franken, Bonn.
- Elektrotechnisches Kolloquium, Technische Hochschule München  
 23. 2. 51, 18.00 c. t., Hörsaal 508: „Elektronische Rechenmaschinen“, Prof. Dr.-Ing. Piloty, München.
- Technormenausschuß Lichttechnik im DNA, Berlin W 15, Umlandstr. 175  
 7. 2. 51, 9.30, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig: Mitarbeiter-Jahresversammlung 1950.

### PERSÖNLICHES

**Auszeichnungen.** — Die T. H. Karlsruhe verlieh Herrn Prof. Dr. phil. Hans Busch, Direktor des Instituts für Allgemeine Fernmeldetechnik der T. H. Darmstadt, die Würde eines Dr.-Ing. e. h. in Würdigung seiner bahnbrechenden Arbeiten, die für die Regeltechnik, die Antennentheorie und die Elektronenmikroskopie maßgebend sind.

**Jubiläum.** — Im Dezember 1950 beging die Firma Sprecher & Schuh, Fabrik elektrischer Apparate, in Aarau (Schweiz), ihr 50jähriges Bestehen. Aus der reich bebilderten Jubiläumsschrift ersieht man, wie sich aus bescheidenen Anfängen eine vorbildliche Fabrik entwickelte, die sich namentlich durch ihre Hochspannungsgeräte großen Ruf erworben hat.

### BUCHBESPRECHUNGEN

DK 620.9 : 621.3 (023.3)

**Kleines Handbuch der Energiewirtschaft.** (Bd. III d. Beiträge zur praktischen Energiewirtschaft). Von Herbert F. Müller. Mit 77 S., 2 B., 54 Taf., Format DIN A 5. Energiewirtschaft Hugo L. Meyer, Karlsruhe 1950. Preis geb. DM 2,60.

Da das vor dem letzten Kriege von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung herausgegebene „Taschenbuch für Energiewirtschaft“ noch nicht wieder erschienen ist, füllt das vorliegende „Kleine Handbuch der Energiewirtschaft“ eine empfindliche Lücke aus.

Durch den verbindenden Text, der ein halbes Hundert Zahlentafeln zu einem eindrucksvollen Gesamtbild zusammenschließt, wird dieses Handbuch anschaulich und aufschlußreich, zumal für den, der für wirtschaftliche Entscheidungen die technischen Voraussetzungen zu erkennen sucht. Daneben leistet es dem in der Energiewirtschaft Tätigen eine wertvolle Hilfe.

Nach einer kurzen Definition der Begriffe geht der Verfasser zunächst auf den Energiebedarf an Licht, Kraft und Wärme im Bundesgebiet mit den Anteilen der verschiedenen Energieträger ein. Dazu werden Wirkungsgrade und Sättigungszahlen genannt, die einen Ausblick auf künftige Entwicklungsmöglichkeiten geben. Der Abschnitt Energieverbraucher gibt Aufschluß über spezifische Verbrauchszahlen und Verbrauchergruppen. Die Bundesbahn ist u. a. mit 11 Mio. t/Jahr am Kohlenverbrauch nennenswert beteiligt. Ein Wirkungsgrad von 10% (Zahlentafel 10) dürfte allerdings bei Dampfkraftbetrieb nur unter günstigsten Bedingungen beim Lauf vor dem Zuge erreicht werden; daher wird bei einem Jahreswirkungsgrad von 2...3% der Kraftanteil noch wesentlich niedriger als 80% liegen. In der Landwirtschaft drängt sich dem Betrachtenden die besondere Bedeutung von Gemeinschaftsanlagen auf, um die für eine Ermäßigung des Strompreises ausschlaggebende Benutzungsdauer zu erhöhen. Welche Möglichkeiten sich darüber hinaus für eine Ausweitung des Stromabsatzes ergeben, zeigen Zahlen, nach denen 1938 u. a. von 100 angeschlossenen Haushaltungen in USA 57,6 bzw. 51,7 Waschmaschinen bzw. Kühlschränke benutzt, denen in deutschen Vergleichsstädten 2 bzw. 1 gegenüberstehen.

Hinsichtlich der Energieerzeugung und Verteilung der Energieträger geben Zahlen über Erzeugung und Verteilung des elektrischen Stromes ein anschauliches Bild sowohl der Problematik als auch der rationalen Anwendung der Kräfte, mit denen wir unseren Energiebedarf decken können. Für die Stromversorgung ist dabei die Erhöhung der Benutzungsdauer das wirtschaftliche Problem überhaupt. Dabei wird dem Ausgleich der Netzbelastungen eine ebenso große Bedeutung zukommen müssen wie dem der Kraftwerksbelastung, deren Benutzungszahl bereits 5000/Jahr der Höchstlast bei der öffentlichen Versorgung überschritten hat. Diese Betrachtungen führen dann neben der Ausrichtung auf eine Energieverbundwirtschaft zu Erkenntnissen über die Tarifgestaltung.

W. Zwanziger

DK 51 (022.2)

**Mathematisch-Physikalische Bibliothek.** Rh. II: Abrisse a. d. Gebiete d. Mathematik u. d. exakten Naturwissenschaften. Von P. Crantz, bearb. v. Dr. M. Hauptmann. Format 13×19 cm. Bd. 5: **Ebene Trigonometrie.** 7. Aufl. Mit 104 S., 50 B.; Preis kart. DM 3,—. Bd. 6: **Analytische Geometrie der Ebene.** 7. Aufl. Mit 107 S., 56 B.; Preis kart. DM 3,—. Bd. 8 u. 9: **Arithmetik und Algebra.** 1. Teil, 13. Aufl. Mit 124 S., 20 B.; Preis kart. DM 2,60. 2. Teil, 10. Aufl. Mit 127 S., 24 B.; Preis kart. DM 3,—. Bd. 12 **Planimetrie.** 1. Aufl. Mit 132 S., 115 B.; Preis kart. DM 3,70. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950.

Die seinerzeit von P. Crantz \* verfaßten bekannten sechs Bändchen über Elementarmathematik — Arithmetik und Algebra I und II, Planimetrie, Ebene Trigonometrie, Analytische Geometrie der Ebene und Sphärische Trigonometrie — sind durch M. Hauptmann neu bearbeitet worden; die ersten fünf Bände liegen hier vor. Der behandelte elementare Stoff ist durch die Titel gekennzeichnet. Hervorzuheben ist die klare und ausführliche Darstellungsweise, die durch das einprägsame äußere typographische Bild unterstützt wird. Gegenüber den üblichen Schulbüchern sind die Voraussetzungen und Gültigkeitsbereiche vielfach schärfer herausgestellt und stärker betont, so daß die Bändchen wegen ihrer Klarheit und Anschaulichkeit auch dem Ingenieur für einen gelegentlichen Rückgriff auf die Elementarmathematik warm zu empfehlen sind.

U. Graf

DK 536.7 (022.3)

**Einführung in die Technische Thermodynamik.** Von Dr.-Ing. Ernst Schmid t. 4. überarb. u. erw. Aufl. mit 520 u. XVI S., 244 B., 72 Taf., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Hlw. DM 30,—.

Das Buch des bekannten Verfassers ist in den ersten 3 Auflagen allen Ingenieuren, die sich mit wärmetechnischen Problemen befassen, so geläufig geworden, daß hier nur auf einige wertvolle Erweiterungen der 4. Auflage hingewiesen sein möge. So sind u. a. dem Gebiet der Strömungsmaschinen, der Thermodynamik des Raketenantriebs und dem thermodynamischen Luftstrahltrieb allein 45



Seiten gewidmet, wobei die wichtigsten Gesetze der Gasdynamik dargelegt werden. Auch der chemischen Thermodynamik und der Anwendung des I. u. II. Hauptsatzes auf chemische Vorgänge ist ein breiter Raum zugewiesen. In der Neuauflage verzichtet der Verfasser in allen diesbzgl. Gleichungen auf die Mitführung des Faktors des mechanischen Wärmeäquivalents ( $A = 1/427 \text{ kcal/mkg}$ ), da  $A$  an sich bei dimensionsrichtiger Schreibweise der Gleichungen überflüssig ist. Dabei werden sich aber Dimensionsfehler insbesondere bei jungen Studierenden nicht ganz vermeiden lassen, weil diese ebenso wie viele Ingenieure mit Handbüchern wie der „Hütte“ arbeiten, in denen der Faktor  $A$  in den betr. Gleichungen überall enthalten ist. — Die Darstellung des weitgespannten Gebietes ist meisterhaft klar und in allen Teilen leicht verständlich; dies wird z. B. besonders deutlich bei den Behandlungen des für Anfänger nicht leicht zu interpretierenden II. und III. Hauptsatzes und des Nernstschen Wärmethorems mit seinen Folgerungen. Sämtliche Tabellen, Diagramme und Tafeln beruhen auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und sind sehr übersichtlich dargestellt. U. a. enthält das Buch die erweiterten VDI-Dampftabellen, die Dampftafeln für Ammoniak und Kohlensäure, das Molliersche  $i,s$ -Diagramm, das Mollier- $(\log p,i)$ -Diagramm von Ammoniak und das  $i,x$ -Diagramm für feuchte Luft. Dem Verfasser gebührt für seine wertvolle Arbeit der Dank und die Anerkennung aller Wissenschaftler, Ingenieure und Chemiker, die wärmetechnische Aufgaben zu lösen haben. Sein neuestes Werk ist ein Lehr-Buch in des Wortes wahrster Bedeutung. Ebenfalls muß dem Verlag Springer für die mustergültige Ausstattung des Werkes gedankt werden.

H. Voigt

DK 536 (023.3) : 62

**Wärmelehre für Ingenieure.** Von Dipl.-Ing. Wolfgang Ammon. (Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde, Bd. 1). Mit 198 S., 140 B., Format 16×23,5 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. DM 8,80, Glw. 10,— DM.

Dem Verfasser ist es gelungen, den verhältnismäßig spröden Stoff der Wärmelehre vollständig, gut gegliedert und klar darzustellen. Das Wärmeverhalten homogener und inhomogener Körper sowie der Gase, die verschiedenen Kreisprozesse und ihre Anwendung auf Maschinen, die Mechanik der strömenden Gase und Dämpfe, die Wärmeerzeugung und die Wärmeübertragung werden eingehend behandelt. Die gewählten Formen der Darstellung lassen die z. T. schwierigen Begriffe und Zusammenhänge deutlich erkennen und ermöglichen Studierenden und berufstätigen Ingenieuren die praktische Ausnutzung der Erkenntnisse. Wertvoll und nützlich sind auch die zahlreichen Rechnungsbeispiele. Das Buch kann Studierenden und Ingenieuren empfohlen werden.

Durch Einfügen einiger Tabellen über Ausdehnungskoeffizienten, spez. Wärmen, Wärmeleitzahlen, Wärmeübergangszahlen usw. könnte das gute Buch für den praktischen Gebrauch noch gewinnen.

Auf Seite 191, Beispiel 70, hat sich ein Druckfehler eingeschlichen: Bei der Einheit für die Wärmeleitzahl  $\lambda$  soll im Nenner  $m$  statt  $m^2$  stehen. — Auf Seite 194, Beispiel 71, ist die Rostbreite zu 0,5 m bei einem Flammrohrdurchmesser von 1 m angenommen. Da in der Praxis im allgemeinen der Rost so breit wie möglich bemessen wird, erscheint es angezeigt, in dem Beispiel die Rostbreite wesentlich größer zu wählen. — In dem gleichen Beispiel 71 wird die Wärmeübertragung je  $m^2$  Flammrohr über dem Rost und Stunde zu 48 000 kcal/m<sup>2</sup>h errechnet.

Lo sch ne (Die Dampfkessel, 1937, S. 495) ermittelt die Wärmeübertragung im Feuerraum eines Flammrohrkessels aus a) Strahlungswärme der Kohlschicht, b) Strahlungswärme der Flammen und c) Wärmeübertragung durch Berührung zu rd. 100 000 kcal/m<sup>2</sup>h. Der Unterschied ist sehr groß. Begründung bzw. Klärung erscheint notwendig.

B. Kottenmeier

DK 621.385.833 (023.4)

**Metallurgical Applications of the Electron Microscope.** (Institute of Metals Monograph and Report Series, No. 8). Mit 164 S., zahlr. B., Format 14×22 cm. Hrsg. u. Verlag: Institute of Metals, London 1950. Preis Glw. £ 1 sh 1.

Im November 1949 hielt die Royal Institution, London, ein Symposium über metallkundliche Anwendungen des Elektronenmikroskops ab, das vom Institut of Metals in Zusammenarbeit mit der Chemical Society, Faraday Society, Institute of Physics, Institution of Electrical Engineers, Iron and Steel Institute, Physical Society und Royal Microscopical Society stattfand. Mitte 1950 erschien der Bericht darüber als Sammlung von Originalmitteilungen der Vortragenden. Man findet in dem Buch 15 Aufsätze und Diskussionen über diese Anwendungen, meist von englischen Fachleuten. Aber auch

der französische Wissenschaftler P. Grivet sowie der deutsche H. Mahl, von dessen Abdruckverfahren im wesentlichen das 164 Seiten lange Buch handelt, sind mit einem Beitrag vertreten. Das Buch zeigt, wie sich das Elektronenmikroskop durch das Abdruckverfahren (replica) heute besonders in der Metallographie ein weites Anwendungsgebiet erobert hat. Es ist ebenso bemerkenswert wie symptomatisch, daß das erste metallographische Symposium nicht in Deutschland abgehalten wurde, wie daß der erste internationale Kongreß der Elektronenmikroskopie im September nicht in Deutschland und ohne offizielle Teilnahme Deutschlands stattgefunden hat. Wann wird Deutschland in der Forschung wieder die Stelle einnehmen, die ihm zukommt? E. Brüche

DK 621.317.32.029.5/.6 (023.3)

**Hochfrequenztechnische Feldstärkemessung und Feldstärkeregistrierung.** Von Dr. rer. nat. H. Laporte. (Bd. 3 d. Taschenb. d. prakt. Phys. f. Naturwiss. u. Ing.) Mit 72 S., 58 B., Format 12×17 cm. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1950. Preis geh. DM 3,40.

Das Büchlein ist vor allem für Studenten und in der Praxis stehende Hochfrequenztechniker gedacht und bringt unter bewußtem Verzicht auf komplizierte Formeln und theoretische Ableitungen eine recht vielseitige Übersicht über das interessante Gebiet der Messung und Registrierung von Feldstärken. Nach einer kurzen Behandlung der elektrischen und magnetischen Feldstärke und der wichtigsten damit zusammenhängenden Größen geht der Verfasser auf den Barkhausen-Hörbarkeitsmesser als Hilfsgerät zur Feldstärkemessung ein. Einer der folgenden Abschnitte ist dem Rahmen als einem Antennensystem mit definierten Eigenschaften und berechenbarer Effektivhöhe gewidmet. Die Ausmessung von Fernfeldern mit Gleichrichter oder Meßempfänger, Sonderfragen, wie z. B. Wahl des Anzeigeinstruments, Eichung, Aufbau von Registriervorrichtungen mechanischer, optischer oder photographischer Art, vor allem auch in Verbindung mit einem Kathodenstrahlzillographen werden klar und verständlich behandelt. Bemerkenswert an dem ganzen Bändchen ist die große Anzahl von Tabellen, Nomogrammen und Schaltungen, die vielfach durch Zahlenbeispiele erläutert werden und den Text geschickt ergänzen.

K. H. Fischer

DK 621.317.3 : 621.385.13 (023.3)

**Röhrenmeßtechnik.** Brauchbarkeits- und Fehlerbestimmung von Radioröhren. Von Helmut Schweitzer. Mit 192 S., 118 B., Format DIN A 5. Franzis-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 12,—, Hlw. DM 13,80.

In dem vorliegenden Buch unternimmt der Verfasser den Versuch, die vorhandene, recht umfangreiche und vielseitige Literatur über Radioröhren durch einen fast ausschließlich für den Praktiker bestimmten Beitrag zu ergänzen. Unter weitgehendem Verzicht auf elementare Erörterungen, Röhrentabellen und Kennlinienbilder, die allgemein bekannt und in vielfältiger Form greifbar sind, werden die für die Reparatur und Neuentwicklung von Rundfunkgeräten wesentlichen Vorgänge, Fehler und Gedankengänge ausführlich behandelt. Nach einer kurzen Einführung und einem Abschnitt, der grundlegende Dinge bringt, wie z. B. Elektronenemission, Raumladung, historische Entwicklung, Formgebung, geht der Verfasser auf alle mit Heizfäden und Kathoden zusammenhängenden Fragen ein; hervorzuheben sind hier die Untersuchung von Kathoden mit Hilfe der Anlaufströme, insbesondere das Zweipunkt-Meßverfahren zur Brauchbarkeitsbestimmung von Radioröhren. Der folgende Abschnitt ist der Messung von Gleichströmen und Gleichspannungen gewidmet, wobei zwischen Zweielektrodenröhren und Verstärkeröhren unterschieden wird. Aus dem umfangreichen, gut gegliederten Abschnitt über Messungen zur Ermittlung von Röhrenkennwerten sind die dynamischen Messungen hervorzuheben. Den Schluß des Buches bildet eine kritische Betrachtung über Verfahren und Geräte zur Brauchbarkeitsbestimmung von Röhren sowie ein in allen Einzelheiten durchdachter Entwurf eines modernen Selbstbau-Röhrenprüfgerätes. Ein angefügter „Beurteilungsschlüssel“ für die weitere Verwendbarkeit von NF-Röhren, deren Emission nachgelassen hat, findet sicher den Beifall aller, die häufig vor derartige Fragen gestellt sind. Zusammenfassend darf gesagt werden, daß das Buch Seite für Seite von der tiefen Sachkenntnis und den langjährigen Erfahrungen des Verfassers Zeugnis ablegt und nach Inhalt und Ausstattung den Wünschen vieler Praktiker entspricht.

K. H. Fischer



DK 621.396 (023.1)

**Fachkunde für Rundfunkmechaniker.** Von W. Oberdieck u. G. Rose. (Fchb. f. elektrotechn. Berufe, Bd. 209.) 184 S., 240 B., Format 13,5×20,5 cm. Verlag Gebrüder Jänecke, Hannover 1950. Preis geh. DM 4,80.

Das Bändchen bringt in 14 Abschnitten und einem Anhang das Grundwissen, über das der Rundfunkmechaniker verfügen muß. Da nur die einfachsten in der Praxis benötigten Formeln gebracht werden, sind besondere mathematische Kenntnisse nicht erforderlich. Hingegen werden die allgemeinen elektrotechnischen Grundkenntnisse vorausgesetzt, da das Buch auf einer anderen Publikation des gleichen Verlages, nämlich der „Fachkunde für Elektriker“, aufbaut. Neben den Grundlagen werden — ihrer Bedeutung entsprechend — vor allem auch die verschiedenen Röhrenarten und der Superhet-Empfänger ausführlicher behandelt. Auch den verschiedenen Sonderfragen, wie Schwundregelung (besser sollte man sagen: Schwundausgleich), der Gegenkopplung, der automatischen Scharabstimmung usw. ist ein breiter Raum gewidmet. Hingegen werden die für den Empfang ja nicht gerade unwichtigen Lautsprecher auf knapp zwei Seiten abgehandelt. Ähnlich knapp sind — leider — die Angaben über Antennen, die Fehlersuche und den Abgleich der Empfänger. In dieser Beziehung genügt das Buch nur als erste Einführung und dafür dürfte es auch gedacht sein. Vielleicht wäre es aber angebracht gewesen, dem Band einen anderen Titel zu geben, der dem Inhalt besser gerecht wird als das immerhin anspruchsvolle Wort „Fachkunde“. Davon abgesehen wird das Buch sicher viele Leser finden, die eine derart voraussetzungslose Einführung in das umfangreiche Gebiet der Funktechnik dankbar begrüßen werden.

K. Nentwig

DK 621.396 (023.2)

**Grundriß der Funktechnik.** Von Franz Fuchs. 25. verbess. Aufl. Mit 226 S., 351 B., Format 15×23 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950.

Dieses bekannte Buch ist in der vorliegenden Auflage durch das Weglassen veralteter Technik (Funken- und Maschinensender) und durch Ergänzungen auf dem Gebiete des UKW-Rundfunks den gegenwärtigen Ansprüchen angepaßt worden. Es führt den Leser, ausgehend von den elementaren Vorgängen bei Gleichstrom, unter Vermeidung jeglicher Mathematik in die Fülle der Hochfrequenzvorgänge.

Man kann nicht erwarten, daß bei dieser gedrängten Darstellung alle Begriffe klar herausgeschält werden. Aber eine Verwechslungsmöglichkeit von induktivem Widerstand und Widerstandserhöhung durch Stromverdrängung (S. 41) sollte doch vermieden werden. Auch die Vorgänge „Überlagerung“ und „Modulation“ sollten noch besser voneinander unterschieden werden.

Diese kleinen Mängel wird der ungeschulte Leser aber wohl kaum empfinden, er wird im Gegenteil dankbar sein für die Schnelligkeit und Leichtigkeit, mit denen ihm die verwickelten Vorgänge der Hochfrequenztechnik nahegebracht werden.

E. Roessler

DK 629.113 : 621.3 (022.3)

**Die elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges.** 1. Teil: Zündung. Von E. Klaiber, 3. Aufl. Mit 382 S., 269 B., Format 16×23 cm. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1950. Preis geb. DM 22,—.

Die sich immer noch ausdehnende Benützung elektrischer Energie zur Ausstattung der Automobile hat die Elektrotechnik am Kraftfahrzeug zu einem besonderen, vielseitigen Wissenszweig gestaltet, der bei den Produktions- und Reparaturwerkstätten nur noch von Fachleuten beherrscht werden kann. Recht zahlreich ist das einschlägige Schrifttum für diesen Gegenstand, wobei zweifelsfrei das von Bosch-Ingenieuren unter Führung von Dr.-Ing. F. Trautmann herausgegebene dreiteilige Werk die erste Stelle einnimmt. Dies gilt daher auch für den nunmehr in Neubearbeitung erschienenen 1. Teil „Zündung“ (2. Teil „Lichtmaschine und Batterie“, 3. Teil „Stromverbraucher“ sind in Vorbereitung).

In den sechs Kapiteln: Grundlagen / Theorie der Zündung / Wesentliche Konstruktionsteile des Zünders / Wichtige Zünderbauarten / Der Zünder am Motor / Zündkerzen / ist von der geschichtlichen Entwicklung bis zu den neuesten in- und teils auch ausländischen Konstruktionen alles Grundlegende und Typische objektiv dargestellt. Sowohl die theo-

retische Behandlung als auch die konstruktiven und betriebstechnischen Seiten aller Fragen sind eingehend berücksichtigt.

Das Buch ist daher allen, die sich mit der Materie befassen müssen, auch den praktischen Reparaturbetrieben, sehr zu empfehlen. Die Einzelabschnitte können weitgehend für sich allein benützt werden und ein ausführliches Sachregister gestattet rasches Auffinden des Gesuchten. Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich und gegenüber den früheren Auflagen besonders durch teils farbige Bilder, so weit es technisch begründet ist, wesentlich verbessert.

H. Buschmann

DK 621.791.7 (023.2)

**Praktische Regeln für den Elektroschweißer.** Von R. Hesse. 3. Aufl. (H. 74 d. Werkstattbücher f. Betriebsbeamte, Konstrukt. u. Facharbeiter.) Mit 56 S., 120 B., 7 Taf., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949. Preis kart. DM 3,60.

Das Heft, das nach dem Vorwort in erster Linie dazu bestimmt ist, dem angehenden Schweißer die wichtigsten Grundbegriffe der Elektroschweißung in allgemein verständlicher Form zu vermitteln, wird auch in der neuen, dritten Auflage diesem Zweck gerecht. Der Stoff ist wie früher gegliedert, doch ist durch geringfügige Weglassungen und Umstellungen und durch Ergänzungen dem Zweck des Buches durch weitergehende Verdeutlichung und praktische Winke in gutem Sinne gedient. Diese Änderungen betreffen besonders die Abschnitte 7) Stromstärke, Einbrand, 8) Dehnung, Schrumpfung, Spannung, 9) Blaswirkung des Lichtbogens, 12) Zündung, Haltung und Führung der Elektrode, 13) Flußstahlschweißung, 16) Gußeisenkaltschweißung und die neuen Abschnitte 14) Stahlgußschweißung und 17) Gußeisen-Halbwarm-schweißung.

In dem Abschnitt 20) „Das elektrische Schneiden“ ist bei der neuen Fassung die allgemeine Behandlung des elektrischen Schneidens zugunsten der neueren Schneidelektroden zu weitgehend gekürzt, auch vermißt man das früher in einem besonderen Abschnitt über die Gußeisenwärm-schweißung Gesagte. — Die nackten Elektroden sind bei der Aufzählung der Elektrodenarten wohl aufgeführt, aber bei den Verarbeitungsbeispielen und bei der Anwendung sind sie im Gegensatz zu den dünn umhüllten und Seelen-Elektroden nicht erwähnt. Bei der noch immer großen Bedeutung der nackten Elektroden, deren Verarbeitung der Schweißer unbedingt beherrschen muß, wären entsprechende Ergänzungen angebracht, namentlich im Hinblick auf den Ausbildungszweck, den das Buch sich gestellt hat und den es durch seine übersichtliche und gut verständliche Behandlung des Stoffes erfüllt.

K. Ritz

DK 608 : 347.771 (023)

**Erfindungen, Patente, Lizenzen.** Von Ernst Weisse. Mit 69 S., Format DIN A 5. Deutscher Ingenieur-Verlag GmbH., Düsseldorf 1950. Preis kart. DM 2,50.

Wenn man den Titel der Schrift mit ihrem Umfang (69 Seiten) vergleicht, so wird man zunächst zweifeln, ob es möglich ist, in solch stark gedrängter Form Wesentliches zu diesem ausgedehnten Gebiet zu sagen. Hat man aber die Schrift gelesen, so wird man feststellen, daß der Zweifel unberechtigt war. Der Verfasser sagt in der Einleitung, er wolle dem Erfinder und allen denen, die mit Erfindungen zu tun haben, das sagen, was sie in erster Linie interessieren. Wer seine Ausführungen gelesen habe, wisse zumindest, wie er sich zu verhalten habe, und er werde mit größerer Sicherheit seine Erfindung beurteilen, schützen und verwerten können. Dieses Ziel dürfte erreicht sein. Ein für alle Fälle brauchbares Rezeptbuch für die Frage der Erfindungen, Patente und Lizenzen kann es nicht geben. Ebenso wenig wird ein solches Buch die Beratung des Erfinders durch einen erfahrenen Fachmann ersetzen können. Aber es ist schon viel gewonnen, wenn der unerfahrene Erfinder auf dem Wege über eine derartige Schrift mit den vielen Fragen, die im Zusammenhang mit einer Erfindung entstehen, wenigstens dem Grunde nach vertraut gemacht wird. Es wird ihm dann manche Enttäuschung erspart bleiben. Die Fachgenossen des Verfassers werden besonders sein Schlußwort begrüßen, das in prägnanter Form die Bedeutung des Fachmannes auf dem Gebiete des geistigen Eigentums hervorhebt. Eine nach Inhalt und sprachlicher Form durchaus empfehlenswerte Arbeit eines Praktikers mit langjähriger Erfahrung.

G. Weller

DK 658.5

**Arbeit leichter gemacht.** Eine Fibel der Arbeitsgestaltung. Bearb. v. Hermann Böhrs. Mit 44 S., 100 B., Format 16×24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1950. Preis kart. DM 4,40.

Die Fibel stellt an den Anfang 24 Leitsätze zur Bestgestaltung des Arbeitsvorganges und Arbeitsplatzes und bringt dann zu den einzelnen Sätzen praktische Beispiele mit sehr instruktiven Bildern. Die Beispiele entstammen dem Bürobetrieb, der industriellen Fertigung, dem Kaufladen, dem Baugewerbe, der Landwirtschaft usw. Nicht nur der Betriebsmann, sondern praktisch Jeder wird das Büchlein gern durchsehen und auch für die eigene Arbeit einen guten Wink finden. Schon wenn die Fibel zum Nachdenken über diese Probleme anregt, ist ihr Zweck wohl erfüllt. Jeder Betriebsleiter sollte die kurze Zeit für die Lektüre erübrigen, damit endlich die immer noch viel zu vielen Unzuträglichkeiten in der Gestaltung der Arbeit und der Arbeitsmittel erkannt und abgestellt werden. — Am Schluß des Buches wird der Leser über den REFA und den REFA-Mann unterrichtet.

G. H. Winkler

DK 614.8 (023.2) : 669.1

**Eisenhüttenmann, schütze Dich!** Von P. Didier u. E. Cunin. Mit 112 S., 82 B., Format DIN A 5. Verlag Stahleisen mbH., Düsseldorf 1950. Preis geh. DM 2,75.

Unter diesem Titel haben Dr.-Ing. Didier und Dipl.-Ing. Cunin die Ergebnisse der Hütten- und Walzwerksberufsgenossenschaft Essen und der nordwestlichen Eisen- und Stahlberufsgenossenschaften Hannover auf dem Gebiet der Unfallverhütung in Eisenhüttenwerken zusammengefaßt. Von keiner berufeneren Stelle konnte dieses wichtige Gebiet besser behandelt werden, da sämtliche auftretenden Unfälle bei den Berufsgenossenschaften gemeldet und ausgewertet werden. Die Verfasser haben es verstanden, jahrzehntelange Erfahrungen in kurzer anschaulicher Form wiederzugeben. Neben den reinen Hüttenbetrieben sind die Unfallverhütungsmaßnahmen für Verkehr und Transport sowie für Instandsetzungs- und Bauarbeiten behandelt worden, so daß über den Rahmen der Eisenhüttenwerke hinaus wertvolle Anregungen auch für die übrige Industrie gegeben werden. Jeder im Unfallschutz Beschäftigte, vom Ingenieur bis zum Unfallvertrauensmann des Betriebes, sollte sich diese Richtlinien zu eigen machen. Darüber hinaus sollte jeder Betriebsleiter bemüht sein, seinen Betrieb den gegebenen Vorschriften anzupassen, und nicht zuletzt sollten die Werke dem Instandsetzungspersonal der Maschinen- und Elektrobetriebe dieses Büchlein zugänglich machen. Es muß erreicht werden, daß die große Zahl der durch Unachtsamkeit und Fahrlässigkeit entstandenen Unfälle wieder absinkt; dann wird viel menschliches Leid verhütet und viel Volksvermögen für schönere Aufgaben verwendet werden können.

W. Moritz

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Geometrischer Rechenschieber** für Spannungsabfallrechnungen und geometrische Additionen. Nach Dr.-Ing. P. Altbürger. Format DIN A 4. Hersteller Gebr. Wichmann, Berlin. Preis DM 16,—.

[Der aus der Vorkriegszeit bekannte geometrische Rechenschieber ist wieder erschienen. Er beruht auf der Grundlage des Vektordiagrammes und kann die Spannungsabfälle mit normaler Rechenschiebergenaugigkeit auf graphischem Wege angeben. Das Gerät besteht aus einer Nomogrammtafel, einem drehbar darauf befestigten Plexiglaswinkel mit Einteilung und Schieber, und aus einer Umrechnungstafel für die aus dem Nomogramm abgelesenen Größen.] R

**Telefunken-Zeitung 23 (1950) Nr. 87/88.** Mit 118 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Schutzgebühr DM 3,— je Heft.

[Das nach dem Kriege erste Heft der Telefunken-Zeitung liegt vor und setzt eine seit 40 Jahren bestehende Tradition fort. Heft 87/88 belegt in zahlreichen Aufsätzen den Weg der Firma in den vergangenen Jahren und zeigt viele Nachkriegsentwicklungen, wobei die Sendetechnik stark betont ist.] R

**Graphik, Konjunktur, Werbung, Formgebung.** Heft 10 d. 3. Jahrg. (1950). Hrsg. Dr. A. Wannemacher. Mit 56 S., Format DIN A 4. Verlag Maiwald, Stuttgart. Preis je Heft 4,— DM.

[Diese Zeitschrift zeigt dem Leser, wie eine moderne Wirtschaftswerbung durchgeführt werden soll und wie lebendig und ansprechend man gerade für technische Erzeugnisse werben kann. Jeder Werbeleiter kann dem Heft wertvolle Anregungen entnehmen.] R

**Bosch und der Dieselmotor.** Hrsg. Robert Bosch GmbH. Mit 71 S., zahlr. B., Format 17×25 cm. Bosch-Schriftenreihe, Folge 3. Stuttgart 1950. [1950 wurde bei der Firma Bosch die einmillionste Einspritzpumpe hergestellt. Aus diesem Anlaß wird in dem Büchlein der Anteil der Robert Bosch GmbH an der Dieselmotortechnik dargestellt und allgemein die Entwicklung der Einspritztechnik geschildert.] R

\*Besprochen in der ETZ 58 (1937) S. 1167.

**Die Grundlagen der angewandten Thermodynamik.** Von Dr. habil. Kurt Nesselmann. Mit 320 S., 311 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 4,—.

**Hebe- und Förderanlagen.** Von Prof. Dr.-Ing. H. Aumann. Dr.-Ing. habil. H. Knaust. 3., Neubearb. Aufl. Mit 214 S., 222 B., Format 20×27,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 25,50.

**Der Oszillograph und seine Anwendungen.** Hrsg. Philips Valvo W. Mit 49 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Hamburg 1950.

**Elektrochemie und ihre physikalischen Grundlagen.** Von Dr. A. Dassel (Bd. 253 u. 254 d. Sammlg. Göschel). Bd. I mit 147 S., 2 B. II mit 178 S., 17 B., Format DIN A 6. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Preis je Heft kart. 2,40 DM.

**Atti della Accademia Liguri di Scienze e Lettere.** Vol. VI. Mit 398 zahlr. B. u. Taf., Format 16×23 cm, Premiata Tipografia Successori F. Pavia. Genova 1950. Preis geh. 2500,— L. i.

**Domestic Water Heating.** Von R. Grierson. Mit 263 S., 99 zahlr. B., Format 14×22 cm. Illiffe & Sons, Ltd., London 1950. Preis 0 25 sb.

**Varta Auto Atlas** mit Ravensteins Deutschen Autokarten 1:300 000. Hrsg. Accumulatoren-Fabrik AG., Hannover, Hagen (Westf.), 2. Aufl. Mit 183 S., 61 Landkarten, Format DIN A 4. Preis geh. 12,— DM.

**Neuzzeitliche Drahtisolationen.** Hrsg. Dr. Beck & Co., GmbH., Hamburg. Mit zahlr. B. u. Taf., Format 17×24 cm.

**Elektrosolterlacke.** Hrsg. Dr. Beck & Co., GmbH., Hamburg. 68 S., zahlr. B. u. Taf., Format 17×24 cm.

**Handbuch der Holzkonservierung.** Von Mahlke u. Trosch. Hrsg. Prof. Dr. J. Liese. 3. Aufl. Mit 571 S., 244 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. 52,50 L. i.

**50 Jahre BBC.** Festreden anlässlich des Jubiläums der Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim. Mit 34 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Heidelberg Verlag, Heidelberg 1950.

**Steuerbriefe für Unternehmer.** Zeitschrift f. alle Fragen des Steuerrechts. 1. Jahrg., Nr. 1. Mit 32 S., Format DIN A 5. Erscheint monatlich 2mal, Bezugspreis 2,— DM. Hans Holzmann Verlag, Bad Wörishofen 1950.

**Grundzüge der Elektroakustik.** Von Dr. phil. F. A. Fischer. 162 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15×21 cm. Fachverlag Schiele & Schmidt, Berlin. Preis Glw. 14,— DM.

**Karte der Elektrizitätsversorgung in den vier Besatzungszonen Deutschlands.** Hrsg. Arbeitsgemeinschaft der Landesverbände der Elektrizitätswerke (AdEW). 4 Blatt, je 70×90 cm. Maßstab 1:500 000. Vertrieb Reich Schwarz KG., Landkartenverlag, Frankfurt a. M. 1950. Preis zusammen 46,— DM.

**Dampfturbinen.** Von F. Dietzel (i. d. Rh. Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde). Mit 288 S., 268 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 21,— DM, Glw. 28,— DM.

**Wärmewirtschaft.** Feuerungen und Kessel. Von E. Schried (i. d. Rh. Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde). Mit 264 S., 220 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 18,— DM, Glw. 25,— DM.

**Fernmelde-technische Zeitschrift 4 (1951) Heft 1.** Inhalt: H. Pauc Landesfernwahl und Tarifgestaltung; F. Kirschstein, Der Stand der Fernsehtechnik in den Vereinigten Staaten; E. Doldinger Brücken- und Flußkabel; W. Kleen, Das Rauschen der Empfänger; H. Kropp, Die Stromversorgung von Großsendern; G. Schreier, Einrichtungen zur Messung des Temperaturkoeffizienten von Spulen, Kondensatoren und Schwingungskreisen; F. Prell u. P. Thalinger, Ein Tonwahlempfänger mit Schutzzeit.

## Berichtigung

Im Aufsatz „Die Schiefelast von Drehstromgeneratoren H. 1 der ETZ ds. Js., soll es auf S. 6 rechts, Zeile 10 heißen „ $I_s = 522 \text{ A}$ .“ Damit wird in der nächsten Zeile  $S = 23,7^{\circ}$  auch in Bild 4 ist der Wert  $I_s$  von 320 in 522 A zu ändern. Versehentlich wurde das „Schrifttum“ nicht mitgedruckt.

A. Fraenckel: Theorie der Wechselströme, Verlag Julius Springer, Berlin.

R. Feinberg: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 412

R. Pohl: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 25.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. E. Kühn, Mannheim, Kobeltstr. 27.

Dr. H. E. Linckh, PTR Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Werner-Straße 8—12.

Dr.-Ing. P. Orlt, Erlangen, Spardorfer Str. 69.

Dipl.-Ing. E. Röbbert, Siemens & Halske AG, München 25, Hofmannstraße 51.

Dr. Otto Seibert, Gladbeck-Brauck, Vehrenbergstr. 101

Abschluß des Heftes: 20. Januar 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler (für den Inhalt verantwortlich) und K. A. Egerer. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal: Eberfeld, Brillier Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377 08.

Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Eberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 98 748.

Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den

Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr).

Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 15. Februar 1951

Heft 4

## Von der dezentralisierten zur zentralen Schallübertragung

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG.)

Von F. Spandöck, Karlsruhe

DK 621.595.625.7 : 621.595.613.5 : 534.84

**Übersicht.** In letzter Zeit sind vielfach gerichtete „Lautsprecher-  
bänke“ zur Schallübertragung benutzt worden. Zu dieser „zentralen“  
Technik haben eine Reihe von physikalischen Erkenntnissen und prakti-  
schen Versuchen im Laufe der Zeit geführt. Es wird diskutiert, was dieses  
Prinzip bei der Abstrahlung und Aufnahme von Schall leistet gegenüber  
der bisher meist verwandten dezentralisierten Aufstellung von Mikropho-  
nen und Lautsprechern.

Bei größeren elektroakustischen Anlagen wurden ge-  
wöhnlich in dezentralisierter Aufstellung viele Einzellaus-  
sprecher im Publikum verteilt [1]. Bild 1 zeigt den Schalldruck-  
verlauf  $p$  in Abhängigkeit von der Entfernung  $r$  der Schall-  
quelle. Man sieht, wie in der Umgebung eines jeden Laut-  
sprechers der Schall verstärkt bzw. aus dem Raumhall  
herausgehoben wird.

Eine zentrale Schallversorgung ist im allgemeinen nur  
zweckmäßig, wenn man eine gewisse Richtwirkung benutzt.  
Wie bereits Rayleigh [2] angibt, setzt eine Richtwirkung ein,  
wenn der Schallstrahler ungefähr so groß wie die halbe  
Wellenlänge ist. Backhaus [3] hat zuerst die Frage nach  
der Richtwirkung einer Membran mathematisch streng ge-  
löst, nachdem bereits Stenzel [4] eine Näherungslösung  
angegeben hatte und davor noch Backhaus und Tren-  
delenburg [5] die Richtwirkung von rechteckigen Mem-  
branen (Blatthallern) experimentell untersucht hatten.

Aus diesen Arbeiten geht u. a. hervor, daß bei einer  
rechteckigen Membran die Richtwirkung in der Richtung der  
längeren Seite größer ist als in der der kürzeren. Soll ein  
Gebiet nur in einer Ebene mit Wellenenergie versorgt oder  
soll Energie aus einer horizontalen Ebene aufgenommen  
werden, so kann man bekanntlich mit Erfolg gerade senk-  
recht stehende Gruppenanordnungen verwenden, deren Ein-  
zelelemente bei festen Frequenzen zweckmäßig in Abständen  
von halben Wellenlängen angeordnet werden. Derartige  
Geräte werden als Luftschall-Sendergruppen auf Feuerschiffen  
(Bild 2), als Ausfahrtschwert für Unterwasserschall (Bild 3)  
und z. B. als sog. Turnstile-Antennen (Bild 4) für UKW-  
-rundfunk und Fernsehen benutzt.

In der Sprach- und Musikübertragung sind gerichtete  
Lautsprecher von Zwicker [6] und Knudsen [7] zur

Verbesserung der Raumakustik verwendet worden. Auch  
Olson [8] gibt einen gerichteten Lautsprecher an, der so  
hoch angebracht ist, daß der an sich mit der Entfernung ab-  
nehmende Schalldruck durch stärkeres Hineingehen in die  
Richtebene wieder angehoben wird. Jedoch waren diese  
Lautsprecher im allgemeinen noch rotationssymmetrisch  
ausgebildet, während sich das Publikum meist in einer  
Ebene befindet.

Die Vorteile eines in eine Ebene gerichteten Lautspre-  
chers von länglicher Form für die Raumakustik zum ersten  
Mal erkannt und angewandt zu haben, dürfte das Verdienst  
von F. Trendelenburg sein. Er verwandte im Kölner Dom  
längliche Blatthaller, durch die in der Vertikalebene „die  
Schallstrahlung zusammengedrängt wurde“, während in der  
Horizontalebene „eine sehr gleichmäßige Schallverteilung  
verursacht wurde“ [9]. Gerlach [34] erzielte die ge-  
wünschte Richtwirkung auf das Publikum zu durch Trichter-  
leitwände<sup>1</sup>. Dasselbe Prinzip wurde später auch beim  
Riffellautsprecher (Bild 5) und Hochleistungsblatthaller an-  
gewandt, wobei auch mehrere Einzelsysteme übereinander  
gesetzt wurden. Vor Einführung des dynamischen Konus-  
lautsprechers hatte man wie bei Blatthallern nur eine einzige  
Membran, die durch mehrere räumlich verteilte Kupferband-  
streifen als Antriebsysteme [10] in Bewegung gesetzt wur-  
de, zur Strahlung benutzt. Später, in den Anfängen der  
Tonfilmtechnik, ging man dazu über, eine Reihe von Einzel-

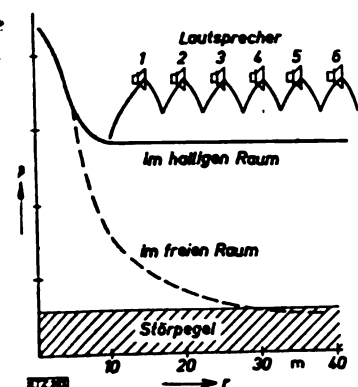


Bild 1. Schalldruckverhältnisse im Freien  
und im Raum bei dezentralisierter Laut-  
sprecheranordnung.

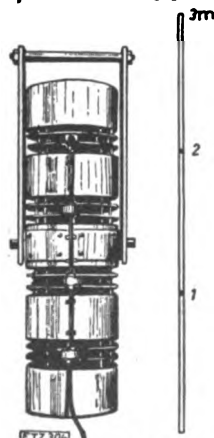


Bild 2. Luftschall-Sender,  
Viererguppe.

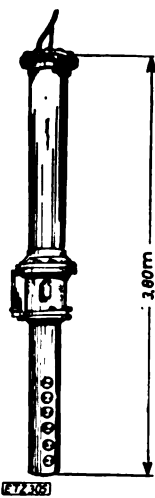


Bild 3. Ausfahrge-  
rät mit 6 Wasser-  
schall-Sendern / Emp-  
fängern.

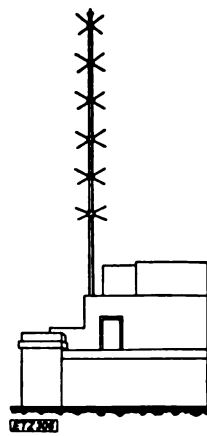


Bild 4. Turnstile-Antenne.

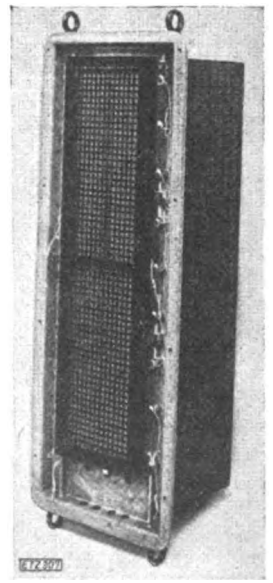


Bild 5. Riffellaut-  
sprecher.

<sup>1</sup> Rein akustisch ist eine solche bevorzugte Leitung des Schalles  
durch parabolische Kanzeldächer [5] oder durch viele auf das Publikum  
ausgerichtete Schallspiegel bei entsprechenden räumlichen Ausdehnungen  
z. B. in der Hamburger Staatsoper von E. Meyer-Göttingen mit Erfolg  
durchgeführt worden.

lautsprechern übereinander anzubringen. Derartige Anordnungen sind in letzter Zeit wiederum von verschiedenen Seiten zur Akustikverbesserung angewandt worden [11].

Der Strahlungswiderstand einer Rechteckmembran ist von Riegger [12] berechnet worden. Richt- und Strahlungsfaktor einer Reihe von kreisförmigen Membranen, die in einer starren Wand auf einer Geraden im gleichen Abstand angeordnet sind, wurden von Stenzel und anderen [13] angegeben. Die Schallabstrahlung einer geraden Gruppe von Konusmembran-Lautsprechern hat, wie Benecke und Sawade [14] zeigten, eine verhältnismäßig geringe Frequenzabhängigkeit.

**Vor- und Nachteile einer zentralen Anlage**

Derartige „Schallzeilen“ als Lautsprecher bieten gewisse Vorteile. Man hat geringere Montagekosten für die Leitungen zwischen Lautsprecher und Mikrophon, vor allem aber sind Sicht- und Hörrichtung stets dieselben. Infolgedessen hat man bei richtiger Lautstärkedosierung aus weiterer Entfernung den Eindruck, als käme der Schall vom Sprecher oder Musiker selbst (Cremers: Gesetz der ersten Wellenfront [15, 16]). Wie z. B. Wintergerst [17] im einzelnen ausgeführt hat, kann man den Kontrast zwischen direktem und reflektiertem Schall durch Richtwirkung ausschließlich auf das Publikum zu erheblich vergrößern. Mit derartigen Lautsprecherzeilen kann man in stillen, nicht unterteilten Räumen mit 8 ... 10 s Nachhall überall ausreichende Verständlichkeit erreichen, wenn der Redner sich nicht zu weit vom Mikrophon entfernt. Neuere systematische Messungen von Haas [16] mit künstlichem Echo haben nämlich das Ergebnis quantitativ bestätigt, daß trotz größeren Nachhalls Verständlichkeit erzielt werden kann, wenn nur der direkte Schall gegenüber den Reflexionen genügend kontrastreich (um rd. 10 db) hervortritt. Eine zu laute Besprechung der ersten Publikumsreihen ist nicht zu befürchten, da der Schall bei entsprechender Zeilenlänge im Nahfeld bekanntlich noch nicht so stark gebündelt ist wie im Fernfeld [5, 12]. Nach Rayleigh [18] benötigt man bei einer Gruppe von  $n$  Einzelstrahlern in ihrer Richtebeine nur den  $n$ ten Teil der Leistung. Nach Stenzel [19] und Benecke [11] ist der Verstärkungsfaktor  $k$  für den Schalldruck einer  $L$  m langen Zeile, den man durch die Bündelung erhält:  $k = 2,4 \sqrt{fL}$ , wobei  $f$  in kHz einzusetzen ist. Daher spart man im allgemeinen durch die Laut-

sprecherzeilen an elektrischer Verstärkerleistung [34]. Man braucht ja nicht den ganzen Raum, sondern nur eine Ebene mit Schall zu erfüllen. Quantitative Berechnungen über die Richtwirkung und die Größe der Lautsprecherzeilen bei der Verbesserung der Raumakustik sind von Strutt [6], Wintergerst [17], Goebel [20], Benecke und Sawade [11] angegeben worden. Auch im Freien, z. B. in Sportstadien, ist eine solche zentrale Schallversorgung möglich.

Beim 73. Katholikentag in Bochum wurden z. B. 300 000 Menschen durch Zeilen mit Schall versorgt. Es empfiehlt sich, die Zeilen dann möglichst hoch aufzustellen [21]. Dies ist wichtig einmal wegen der „schalleinsaugenden“ Wirkung des Publikums („Békésy-Effekt“) [15], andererseits ist aber auch dicht an der Erde der Temperatur- und vor allem der Windgradient ziemlich groß (Bild 6) [22], so daß die Schallstrahlen, wie Bild 7 zeigt, dort durch Brechung

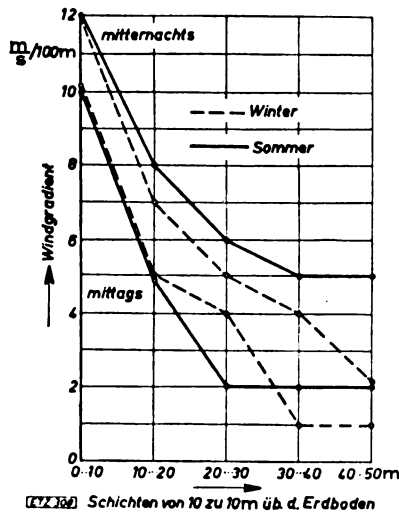


Bild 6. Abnahme des Windgradienten mit der Höhe über dem Erdboden.

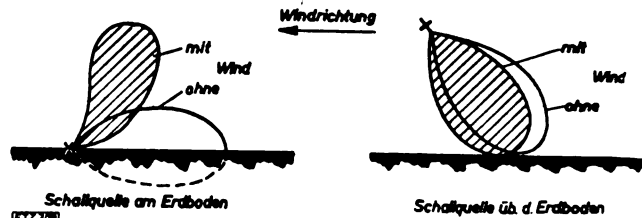


Bild 7. Windverwehungen bei gerichteten Schallquellen.

stark abgelenkt werden. Bei erhöhter Aufstellung tritt das weniger in Erscheinung. Die Schallzone wird dann nur ver-

setzt. Bei Entfernungen von einigen hundert Metern wird man den atmosphärischen Verlust, der nach Angaben von Siegel [22] von 2 bis 10 db/100 m schwankt, noch häufig durch die Steigerung der Leistung infolge der Richtwirkung der zentralen Anordnung ausgleichen können, während man kilometerlange Entfernungen, z. B. Aufmarschstraßen, nach wie vor dezentralisiert mit Schall versorgen wird. Auch in winklige Räume mit Nischen, von denen man noch einzelne Teile abschalten will, wird man eine dezentralisierte Schallübertragung einbauen.

Mitunter kann man sich mit Vorteil einer Anordnung bedienen, bei der übereinstimmend mit dem von Trendelenburg angeführten Prinzip mehrere Schallzeilen übereinander oder nebeneinandergestellt werden; dadurch kann der Schall in der Vertikalen oder Horizontalen schärfer gebündelt werden. Solche Anordnungen können auch in langgestreckten Räumen eingesetzt werden, wo der Schall auf weite Entfernung zusammengehalten werden muß.

**Lautsprecherreihen-Zelle**

Die bisher üblichen Schallzeilen besitzen eine 8förmige Richtcharakteristik, dabei hat die Abstrahlung nach vorn eine größere Reichweite als die nach hinten, und zwar etwa im Verhältnis 3:1. Außerdem sind die Frequenzcharakteristiken verschieden, weil Lautsprecherkorb und -magnet einen Schallschatten hervorrufen. Die Abstrahlung nach hinten kann bisweilen nachteilig sein, besonders wenn der Schall bei der Art, wie die Zeilen aufgestellt sind, reflektiert wird, z. B. über Seitenwände und Decke. Durch diese Reflexionen kann die vordere Abstrahlung ungünstig beeinflusst werden, wenn z. B. der reflektierte Schall aus falschen Richtungen oder mit zu großer Laufzeitverzögerung eintrifft. Auch Frequenzbandverzerrungen durch Reflexion wurden an einer Zeile ohne Rückabschluß, die in der Nähe einer Wand aufgestellt war, gemessen. Bei größerem Abstand reflektierender Flächen hinter einer beidseitig strahlenden Lautsprecherzeile können, wie z. B. auf der Waldbühne Berlin, direkt störende Echos auftreten. Bei der Siemens & Halske AG. wurde darum eine neuartige Lautsprecherzeile entwickelt, welche eine einseitige Richtcharakteristik („Niere“) auch bei tiefen Frequenzen aufweist, so daß sie praktisch nur in die vordere Halbebene abstrahlt (Bilder 8 und 9). Ihre Frequenzkurve ist praktisch geradlinig, da der Strahlungswiderstand einer Niere einen Anstieg zwischen der vierten (Nullstrahler) und sechsten (Strahler erster Ordnung) Potenz des Membranradius hat und so den bei tiefen Frequenzen abnehmenden Bündelungseffekt noch ausgleichen kann. Über die physikalischen und technischen Grundlagen dieser Lautsprecherzeilen ist in einem anderen Aufsatz berichtet worden [23].

**Zentrale Aufnahme**

Auch die Schallaufnahme-Anordnung war bisher häufig dezentralisiert. Wenn eine bewegte Schallquelle (auf Bühnen oder in Experimentiersälen) oder ein großes Orchester übertragen werden sollte, wurden meist mehrere Mikrophone aufgestellt und dann im Mischpult zusammengeschaltet. Die Mischung ist jedoch nicht ganz leicht; so kann es vorkommen, daß der Tonmeister die einzelnen Instrumentengruppen entgegen der Absicht des Dirigenten betont. Wenn zwei in einem geringeren Abstand als 6 m aufgestellte Mikrophone auf denselben Übertragungskanal geschaltet sind, verzerrt sich die Frequenzkurve auch durch räumliche Inter-



Bild 8. Schallzelle mit Nierenrichtcharakteristik.

Bild 9 (Mitte). Schallzelle mit Nierenrichtungswirkung.

Bild 10 (rechts). Mikrofonzeile aus Kondensatormikrofonen.

erenzen, die sich unangenehm bemerkbar machen [16]. Außerdem ist eine nur ungenügende „Raumauflösung“ möglich. Wie wohl zuerst Backhaus [24] gezeigt hat, ist es daher grundsätzlich besser, den Schall mit nur einem Mikrofon aufzunehmen, und zwar in einer Entfernung von 8... 10 m, d. h. aus einer Entfernung, die mindestens gleich der Ausdehnung des Orchesters ist. Ein Einzelmikrofon erfäßt die Instrumente gleichmäßiger, besser gegeneinander ausgewogen, während die Übertragung durch mehrere nahe am Orchester stehende Mikrophone unnatürlich klingt. Gruert und Schneider [25] zeigen, daß die innere Dynamik durch zu nahe Aufstellung der Mikrophone am Orchester verfälscht wird. Aus weiterer Entfernung aufgenommen klingt das Orchester „durchsichtiger“. Wo die raumakustischen Verhältnisse es zuließen, haben daher viele Tonmeister diese Aufnahmeart mit einem Mikrofon in weiterer Entfernung bevorzugt [26]. Jedoch bedingte dies eine besonders geeignete Raumakustik und häufig mußten entsprechend gedämpfte Aufnahmeräume gebaut werden.

#### Vorteile der Mikrofonzeile

Die zentrale Schallaufnahme kann jedoch, wie auch eigene Untersuchungen erwiesen haben, durch die Verwendung sog. Mikrofonzeilen verbessert werden [27]. Die scharfe Richtwirkung der Mikrofonzeilen auf die Orchesterebene oder Bühne ergibt eine verminderte Aufnahme des Nachhalls (Vergrößerung des Hallradius) [28] ähnlich wie es bis zu gewissem Grade bereits beim Nierenmikrofon in seinem allerdings nur rotationssymmetrischen Richtregel der Fall ist; jedoch leiden die hohen Frequenzen nicht so stark [29] wie bei den üblichen Nierenmikrofonen, wenn die Mikrofonzeilen Kugelmikrophone enthalten oder für alle Frequenzen annähernd gleiche Richtwirkung haben.

Durch Aufteilen in einzelne Zeilenabschnitte kann man nämlich die Richtwirkung einer Mikrofonzeile (Bild 10) für alle Frequenzen annähernd gleichmachen. Mit der Mikrofonzeile oder einer Zeilengruppe kann man aber auch in gewöhnlichen Räumen von einer zentralen Stelle aus hochwertige Aufnahmen machen. Durch die scharfe Richtwirkung wird man auch freier von Störgeräuschen und vergrößert die mögliche Reichweite. Daher kann die Mikrofonzeile in

so großer Entfernung aufgestellt werden, daß alle Instrumente gleichmäßig erfäßt werden und bei Filmaufnahmen und Fernsehsendungen die verhältnismäßig große Mikrofonzeile nicht wahrgenommen wird. — Die Firma Radio Corporation of America hat diese Aufgabe neuerdings durch Gradienten-Nierenmikrophone zu lösen versucht [30]. — Für Theaterübertragungen kann man die Mikrofonzeilen ebenso wie die Lautsprecherzeilen auch schief in der Höhe anbringen, so daß die Entfernungsabhängigkeit durch die Richtwirkung kompensiert und der Schall von allen Stellen der Bühne gleich stark aufgenommen wird. Der Schauspieler kann dann ohne Rücksicht auf die Zeile frei herumgehen.

#### Rückkopplungsverstärkung

Befinden sich Mikrofon und Lautsprecher im gleichen Raum, so kann man die Akustik meist nur so weit verbessern, bis die akustische Rückkopplung einsetzt. Durch die scharfe Richtwirkung der Mikrofon- und Lautsprecherzeilen wird neben der Vergrößerung des Hallradius aber auch die akustische Rückkopplung vermindert, sowohl auf dem direkten Weg, wenn man die Mikrofon- und Lautsprecherzeilen mit ihren Minima aufeinander zeigen läßt, als auch über den Raumnachhall. Von der im Raum diffus verteilten Gesamtschallenergie wird dann nämlich durch den Sektor der scharf gerichteten Mikrofonzeile nur ein Teil aufgenommen. Wenn  $\alpha$  und  $\beta$  die Richtfaktoren [1/directional efficiency: 8,17] der Mikrofon- und Lautsprecherzeilen sind,  $\bar{u}_1$  und  $\bar{u}_2$  ihre Übertragungsmaße in  $\text{mV}/\mu\text{bar}$  und  $\mu\text{bar}/\text{mV}$  — wobei  $\bar{u}_2$  auf einen Meßabstand von  $r = 1,6 \text{ m}$  bezogen ist —  $V$  das Volumen in  $\text{m}^3$ ,  $T$  die Nachhallzeit des Raumes in Sekunden und  $s$  der Schluckgrad der Publikumsfläche unter dem Winkel, unter dem der Schall der Lautsprecherzeile auf sie auftritt, so ist die maximal bis zur Rückkopplung einstellbare Verstärkung der elektrischen Spannung

$$v = \frac{0,0353}{\bar{u}_1 \bar{u}_2} \sqrt{\frac{\alpha \beta V}{T(1-s)}}$$

umso größer, je größer die Richtfaktoren  $\alpha$  und  $\beta$  der Mikrofon- und Lautsprecherzeilen sind, ferner je größer das Raumvolumen  $V$  und je kleiner die Nachhallzeit  $T$  ist (für  $V = \infty$ ,  $T = 0$  — freier Raum — wäre  $v = \infty$ ). Voraussetzung ist bei dieser Formel gleichmäßige Schallverteilung wie in einem „Sabineschen Raum“ und eine solche Größe der Richtwirkungen, daß auf dem direkten Wege zwischen Mikrofon- und Lautsprecherzeile keine akustische Rückkopplung eintritt, was in der Praxis der Zeilentechnik meistens der Fall ist [28].

Bei einer Versuchsanlage wurden die Verstärkungen bei Rückkopplungseinsatz gemessen. Eine Lautsprecherdoppelzeile mit dem Richtfaktor  $\beta = 13$  ergab bei der Rückkopplungsfrequenz von 700 Hz mit einem Kugelmikrofon ( $\alpha_1 = 1$ ) eine Spannungsverstärkung von 78 db, mit einer Nierenmikrofonzeile ( $\alpha_2 = 4$ ) (Bild 11) eine Verstärkung von 85 db. Die nach der obigen Formel berechneten Werte betragen 76 und 82 db. Man wird im Betriebsfall die Verstärkung um einen Sicherheitsfaktor  $\gamma$  kleiner einstellen, um nicht durch Rückkopplung Verzerrungen zu erhalten [31].

Durch die Mikrofonzeilen kann man also erreichen, daß im wesentlichen nur der Schall aufgenommen wird, der aus der Ebene der Schauspieler kommt und durch Lautsprecherzeilen in die Ebene der Zuhörer abgestrahlt wird; die übrige Luft im Raum sollte möglichst nicht mit Schall gefüllt werden. Man gewinnt dadurch an Prägnanz (Verständlichkeits-erhöhung) und kann je nach der Schärfe der Zeilenrichtwirkung den Raumeinfluß weitgehend reduzieren (günstigere „Hallbalance“ [25, 32]).

#### Qualitätssteigerung einer Akustikverbesserungsanlage

Für einen Spezialfall läßt sich eine Näherungsformel für die Qualitätssteigerung durch Mikrofon- und Lautsprecherzeilen aufstellen. Die Größe  $M$  ist ein Maß für das Verhältnis der nützlichen zur schädlichen Schallenergie in einem Raum [6] mit und ohne elektroakustische Anlage bei der Rückkopplungsfrequenz. Es sind folgende Voraussetzungen gemacht: Der Nachhall des Raumes sei größer als 1 s. Der



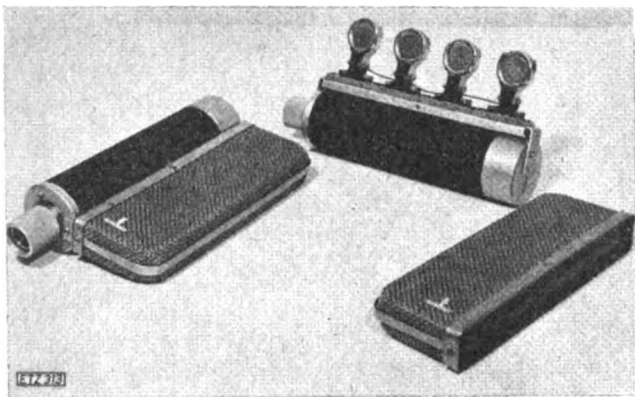


Bild 11. Mikrofonzeile aus Kondensatormikrofonen mit Nierencharakteristik.

Schall der Lautsprecherzeile trage zu der Energie des Nachhalls, der durch die natürliche, nicht besonders gerichtete Schallquelle erzeugt wird, nicht wesentlich mehr bei. Das kann z. B. der Fall sein, wenn die Zeile so schräg auf die Zuschauerfläche gerichtet ist, daß nur sehr wenig von ihr reflektiert wird. Bei mittleren Frequenzen beträgt nämlich die Schallabsorption im Publikum unter allen möglichen Winkeln bereits rd. 50%. Bekanntlich nimmt aber bei streifendem Einfall die Absorption poröser Schallschluckflächen noch bedeutend zu [6]. Wenn  $s$  der mittlere Absorptionskoeffizient der Fläche ist, auf die der Zeilenschall bei der jeweiligen Anordnung trifft, so ergibt sich für die Verbesserung:

$$M = 1 + \frac{\alpha \beta V^2}{T(1-s)\gamma R_M^2 R_L^2} 10^{-5}.$$

$R_M$  ist der Abstand der Schallquelle von der Mikrofonzeile und  $R_L$  der Abstand der Hörer von der Lautsprecherzeile in m. Die Verstärkungsmöglichkeit wird umso größer, je kleiner die Abstände des Sprechers und des Hörers von Mikrofon und Lautsprecher  $R_M$  und  $R_L$  gemacht werden können. Bei kleinem  $R_L$  käme man wieder zur dezentralisierten Anordnung. (Im Extremfall Kopfhörerempfang.) Wenn man diese Abstände  $R_M$  und  $R_L$  vergrößert (zentrale Anordnung) müssen die Richtfaktoren von Mikrofon- und Lautsprecherzeilen  $\alpha$  und  $\beta$  entsprechend der Formel vergrößert werden. Bei schlechter Akustik (großem  $T$ ) muß die Verbesserung  $M$  groß werden, um wirksam zu sein, besonders wenn noch Störlärm im Raume herrscht. Geht er vom Publikum aus, so vergrößert sich sein Lautstärkepegel durch „psychologische Rückkopplung“ [34] häufig noch stärker als proportional der Nachhallzeit  $T$ . Das kann u. U. bei heute üblichen Zeilen eine dezentralisierte oder halbdezentralisierte Lösung erforderlich machen.

#### Stereophone Akustikverbesserung

Eine stereophone Akustikverbesserung ist meist nur durch Mikrofon- und Lautsprecherzeilen mit so großen Richtfaktoren  $\alpha$  und  $\beta$  lösbar, daß Rückkopplung vermieden wird. Stereophonie ist aber für viele Theater wichtig, da es den künstlerischen Eindruck sehr stört, wenn der Schall aus einer anderen Richtung kommt als vom Darsteller. Versuchsweise wurde von uns eine derartige doppelt-stereophone Anlage mit je zwei Kanälen für Vor- und Mittelbühne in dem oben erwähnten Raum mit Mikrofon- und Lautsprecherzeilen aufgebaut. Bei der Übertragung des gesprochenen Wortes war dann ein sog. Lautsprechercharakter nicht mehr feststellbar [33] und der natürliche Richtungseindruck des Schalles bei verschiedenen Standorten der Sprecher wurde nicht verfälscht. Bei richtiger Einpegelung wurden besonders die schwachen Stimmen günstig verstärkt. So können z. B. Bühnenstücke von intimerem Charakter einem größeren Kreis verständlich gemacht werden, ohne daß die Schauspieler ständig unnatürlich laut sprechen müssen.

#### Zusammenfassung

Bei raumakustisch ungünstigen Verhältnissen wurden Lautsprecheranlagen angewandt, bei denen die Lautsprecher meist dezentralisiert angeordnet waren, d. h. eine größere Anzahl von Lautsprechern war auf den Raum verteilt. Die zentrale Schallwiedergabe, die früher vereinzelt, jetzt aber in größerem Umfang verwendet wird, besteht im wesentlichen aus einer Lautsprecherzeile, die den Schall auf die Ebene des Publikums gerichtet abstrahlt. Ihre Vorteile sind: geringe Montagekosten, weniger elektrische Verstärkerleistung, keine Verwirrungszonen und im Fall der Akustikverbesserung übereinstimmende Sicht- und Hörrichtung. Über die Verwendung einer verbesserten Lautsprecherzeile mit nierenförmiger Richtcharakteristik wird berichtet.

Auch bei der Schallaufnahme können die Einzelmikrophone durch eine zentrale, stark gerichtete Mikrofonzeile mit Erfolg ersetzt werden. Die Mikrofonzeile besitzt den Vorteil, daß sie so weit vom Orchester aufgestellt werden kann, daß alle Instrumente gegeneinander ausgewogen aufgenommen werden, ohne daß der Raumschall bei der Übertragung stört. Bei Bühnenübertragungen ist der Schauspieler nicht mehr an den Ort des Mikrophons gebunden.

Befinden sich Schallaufnahme und Schallwiedergabe zur Akustikverbesserung im selben Raum, so wird durch die scharfe Richtwirkung der Lautsprecherzeilen die Gefahr der akustischen Rückkopplung vermindert. Die bis zum Rückkopplungseinsatz notwendige Verstärkung wird auf Grund einer Formel diskutiert und mit Messungen verglichen.

Durch die zentrale Mikrofon- und Lautsprecherzeilen-Technik kann man auch die Akustik stereophon verbessern. Die stereophone Anlage sorgt dafür, daß dank richtiger Zuordnung von Bild und Ton die schauspielerische Illusion nicht leidet und ein natürlicheres Klangbild entsteht.

#### Schrifttum

- [1] H. Benecke: Funktechn. Vorwärts 7 (1937) S. 612.
- [2] Lord Rayleigh: Theory of Sound. II. First. Am. Ed. 1945; § 280, S. 114.
- [3] H. Backhaus: Z. techn. Phys. (1928) S. 491 und Ann. Phys. (1930) S. 1.
- [4] H. Stenzel: Elektr. Nachr.-Techn. 4 (1927) S. 247 und 5 (1929) S. 165.
- [5] H. Backhaus u. F. Trendelenburg: Z. techn. Phys. 12 (1926) S. 630.
- [6] C. Zwickler: Ingenieur, Haag, 44 (1929) S. 39; s. auch Hbch. d. Exper.-Physik XVII 2 (1934) S. 497.
- [7] V. O. Knudsen: Architectural Acoustics. 1932, S. 441.
- [8] H. F. Olson: Elements of Acoustical Engineering. New York 1947.
- [9] F. Trendelenburg: ETZ 48 (1927) S. 1691.
- [10] Vgl. z. B. F. Trendelenburg: Einführung in die Akustik. 1939, S. 124.
- [11] H. Benecke u. S. Sawade: Radio Mentor 11 (1948) S. 471; u. W. Bürck: Fortsch. d. Radiotechn. 1950/51, 9. 9 u. 24.
- [12] H. Riegger: Wiss. Veröff. Siemens-Konz. III (1924) S. 20.
- [13] H. Stenzel: Ann. Phys. 5 (1930) S. 965. I. Wolff u. L. Malter: J. acoust. Soc. Amer. II (1930) S. 220. Vgl. auch F. Bergtold: Frequenz 4 (1950) S. 114.
- [14] H. Benecke u. S. Sawade: Funkpraxis 2 (1949) S. 172.
- [15] L. Cremer: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Bd. I: Geometrische Raumakustik, S. 126.
- [16] H. Haas: Über den Einfluß eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache. Diss. Göttingen; s. a. J. acoust. Soc. Amer. 22 (1950) S. 520.
- [17] E. Wintergerst: Gerichtete Sprache in der Raumakustik. Vortrag v. d. phys. Ges., München, am 11. 6. 1948 u. Z. angew. Phys. 1 (1949) S. 374.
- [18] Vgl. z. B. H. Hecht u. F. A. Fischer: Die Richtcharakteristiken § 2 des Kap. V in Wien-Harms: Handb. d. Experim.-Physik XVII 2 (1934) S. 499.
- [19] H. Stenzel: Leitfaden z. Berechnung von Schallvorgängen 1939, S. 42.
- [20] G. Goebel: Fernmeldetechn. Z. 2 (1949) S. 57.
- [21] O. Vierling: Akust. Z. III (1938) S. 95.
- [22] H. Sieg: Elektr. Nachr. Techn. 17 (1940) S. 193.
- [23] H. Kalusche: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 411.
- [24] H. Backhaus: Siemens-Z. (1928) S. 298.
- [25] Grunert u. Schneider: Funk u. Ton 4 (1950) S. 1.
- [26] K. Wiese: Techn. Hausmitt. NWDR (1950) S. 221.
- [27] H. Petzold: Bühnentechn. Rdsch. 1950, H. 2 u. 3 und Bergtold: Telefunkenztg. 87/88, 1950, S. 106.
- [28] S. Sawade: ETZ 71 (1950) S. 245.
- [29] F. Spandöck: Siemens-Z. (1951) H. 3.
- [30] Olson u. Preston: RCA Review (1949) S. 339.
- [31] W. Bürck: Telefunkenztg. 77 (1937) S. 23 und Frequenz 4 (1950) S. 161.
- [32] L. Cremer: Wesen und Wertung des Nachhalls. Musikforsch. (1949) Bärenreiter-Verlag, Kassel.
- [33] R. Vermeulen: Philips techn. Rdsch. 10 (1948) S. 167.
- [34] E. Gerlach: Veröff. a. d. Gebiet d. Nachr. Techn. 1 (1931) S. 165 ff.



# Die Isolationsbemessung als Problem des Schaltanlagenbaues

Von Kurt Reiske, Erlangen

DK 621.315.623 : 621.316.37

**Übersicht.** Der Aufsatz behandelt den Einfluß der Bemessungsgrundsätze und Vorschriften für die Isolation auf den Bau von Schaltanlagen. Im besonderen zeigt er am Beispiel der heutigen 10 kV-Schaltanlagen, wie die Entwicklung der vergangenen 40 Jahre in Deutschland verläuft und wie neue Erkenntnisse sich in der Gestaltung der künftigen Anlagen auswirken werden.

## Einleitung

Überblickt man den Schaltanlagenbau der letzten 40 Jahre vom heutigen Stand der Technik, so stellt man fest, daß neben der Befriedigung der ständig wachsenden Ansprüche an Leistungsfähigkeit und Vielfältigkeit ständig Wege zur Verkleinerung der Abmessungen gesucht und beschritten wurden. Diese Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Gewiß sind immer gewisse Grenzen gesetzt, da praktische Betriebsbedürfnisse und die Forderung nach Sicherheit bestimmte Abstände, abhängig von der Betriebsspannung, verlangen. Unter Berücksichtigung dieser Grenzen erhebt sich dennoch die Frage, ob alle Möglichkeiten zur Verkleinerung der Schaltanlagenabmessungen ausgenutzt sind. Diese Frage wird am Beispiel der 10 kV-Innenraumschaltanlage erörtert, weil bei der Spannungsreihe 10 die heute vorgeschriebene Isolationsbemessung von entscheidendem Einfluß auf ihre Abmessungen ist.

## Die Faktoren für den Raumbedarf

Die Tendenz, raumsparende Schaltanlagen zu bauen, ist überall festzustellen. Die amerikanische Schaltanlagentechnik hat sich in zunehmendem Maße den stahlblechgekapselten Schaltanlagen zugewendet und konnte zu bemerkenswerten Konstruktionen u. a. dadurch kommen, daß sie das Problem der Isolationsbemessung durch Verwendung umpreßter Stromschiene unter völliger oder teilweiser Vermeidung von Stützisolatoren zu lösen versucht. Für die europäischen und besonders die deutschen Verhältnisse wäre es abwegig, diese Frage nur allein auf gekapselte Schaltanlagen zu beschränken, da der offene Schaltanlagenbau in diesen Ländern eine so große Bedeutung hat und weiterhin haben wird, daß er bei diesen Betrachtungen nicht übergangen werden kann.

Die Raumabmessungen sind hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig: 1. von der Konstruktion der Geräte, 2. von der Anordnung der Geräte und Anlagenteile, 3. von der Isolatorengroße und den Luftschlagweiten.

Der Einfluß der Gerätekonstruktion auf die Schaltanlage zeigte sich am deutlichsten beim Übergang vom Öl-schalter zum ölfreien und ölarmen Schalter. Er hat das Gesicht der heutigen Schaltanlagen geprägt. Andere wichtige Verbesserungen traten hinzu, wie der Wegfall umfangreicher Antriebsgestänge bei Druckluftantrieben. Auch die Fortschritte im Bau ölfreier und ölärmer Meßwandler müssen erwähnt werden, da ihre kleineren Abmessungen den Tendenzen nach geringerem Raumbedarf Rechnung trugen.

Die Anordnung der Geräte und Anlagenteile drückt sich in der Bauform aus. Die frühere Mehrgeschoßanlage mit getrenntem Sammelschiene, Schalterbedienungsang und Kabelkeller ist weitgehend durch die Eingeschoßanlage abgelöst worden. Sie gewährt nicht nur einen guten Überblick, sondern erleichtert die Bedienung und vermeidet dadurch weitgehend Fehlschaltungen.

Verbleiben als Drittes die Isolatorabmessungen und die Schlagweiten. Für den Schaltanlagenbau sind die Errichtungs-vorschriften für Hochspannungsanlagen (VDE 0101) maßgebend. Sie enthalten neben gewissen Abständen, die aus der Erfahrung mit Rücksicht auf die Sicherheit der Bedienung und Betriebsführung festgelegt sind, die für die verschiedenen Reihenspannungen vorgeschriebenen Schlagweiten. Für offene Schaltanlagen bis 10 kV sind wir zur Zeit in Deutschland an den genormten Stützisolator mit 125 mm Schlagweite, in gekapselten 6 kV-Anlagen an eine gleiche Form mit 100 mm Schlagweite gebunden. Für die reinen Luftschlagweiten sind die gleichen Maße vorgeschrieben.

## Die Entstehung der heute gültigen Vorschriften für die Isolationsbemessung

Die Vorschriften zur Verwendung glatter Isolatoren mit 125 mm Fadenmaß bei Serie III (12 kV), später Reihe 10 (10 kV), stammen aus dem Jahre 1914. Bis dahin waren neben glatten Isolatoren in verbreitetem Maße Rillenisolatoren mit kleineren Schlagweiten von etwa 85 mm benutzt worden. Da die Form der damaligen Rillenisolatoren im Hinblick auf Verschmutzung und Reinigung noch unvollkommen war, bestand die Neigung, ausschließlich auf glatte Isolatoren überzugehen. Der Formgebung und Bemessung der Isolatoren wurden damals vor allem theoretische Überlegungen zugrunde gelegt. Kuhlmann [1] hatte unter Voraussetzung eines idealen Dielektrikums und vernachlässigbarer Oberflächenleitung untersucht, welche Form Isolatoren haben müssen, wenn sie keine Verzerrung des durch die Elektroden bestimmten elektrischen Feldes ergeben sollen. Diese Forderung führt zu glatten, tonnenförmigen Isolatoren ohne jeden Wulst oder Schirm. Die Schlagweite und das Fadenmaß dieser Isolatoren mußten aber — da man den Kriechweg nicht verkleinern wollte — zwangsläufig größer gemacht werden. Da man zu jener Zeit keinen Unterschied zwischen Isolatorschlagweite und reiner Luftstreckenschlagweite machte, wurden ganz allgemein größere Schlagweiten als die bis dahin üblichen vorgeschrieben, z. B. für Serie III, die spätere Reihe 10, eine Schlagweite von 125 mm. Dieser Schlagweite entspricht eine Überschlagsspannung von rd. 60 kV. Diese Erhöhung der Schlagweite bedeutete gegenüber dem Rillenisolator eine Heraufsetzung um 47%. Als 1929 die Prüfformel  $U_p = 2,2 U + 20 \text{ kV}$  eingeführt wurde, die für 10 kV eine Prüfspannung von 42 kV an Stelle bis dahin 30 kV ergibt, bestand keine Schwierigkeit, den Geltungsbereich dieser Formel mit dem ungewöhnlich großen additiven Glied auf die unteren Spannungsreihen auszudehnen.

Beide Bemessungsgrößen, die Schlagweite von 125 mm sowohl als auch die Prüfspannung von 42 kV, sind im Verhältnis zur Betriebsspannung 10 kV sehr hoch. Die Schlagweite ergibt bei der ungünstigsten Elektrodenform, der Spitzenfunkenstrecke, eine Durchschlagspannung von rd. 60 kV, d. h. das 6fache der Nennspannung. Die Prüfspannung weist mit dem 4,2fachen Wert ein Verhältnis auf, das weit über dem der anderen Spannungsreihen liegt und das insbesondere gegenüber der Isolation anderer nicht weniger wichtigen Anlagenteile sehr hoch liegt.

In Bild 1 sind die spezifische Schlagweite, d. h. die Schlagweite dividiert durch die Reihenspannung, und die spezifische Durchschlagspannung der entsprechenden Stabfunkenstrecke für die verschiedenen Reihenspannungen dar-

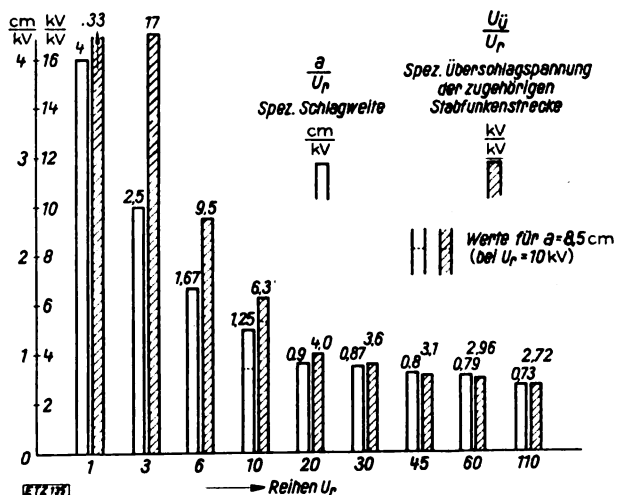


Bild 1. Verhältniswerte von Schlagweite und zugehöriger Überschlagsspannung bezogen auf die Reihenspannung (nach VDE 0670: XII. 40).

gestellt. Es ist daraus zu erkennen, daß die Spannungsreihen 1...10 gegenüber den höheren Reihenspannungen offenbar überdimensioniert sind.

**Stellungnahme und Vergleich mit anderen Vorschriften**

Die Vergrößerung der Schlagweite auf 125 mm hatte selbstverständlich einen wirtschaftlichen Mehraufwand zur Folge. Dafür erwartete man eine geringere Anfälligkeit der Anlagen gegen Störungen durch Ungeziefer, wie Mäuse und Ratten. Durch die hohe Prüfspannung und Schlagweite hätten auch praktisch keine Überschläge mehr auftreten dürfen, insbesondere nach Einführung der modernen Überspannungsschutzgeräte, deren Begrenzungsspannungen weit unterhalb der Überschlagspannung der genormten Isolatoren liegen. Die Erfahrungen bestätigten diese Erwartungen nicht, da immer wieder Überschläge beobachtet wurden; für deren Erklärung mußte man entweder Überspannungen ungewöhnlicher Höhe annehmen oder aber andere Einflüsse, die sich unmittelbar an den glatten Stützern auswirkten.

Es ist nun interessant, wie in anderen Ländern die entsprechenden Vorschriften lauten und ob sie mit den deutschen übereinstimmen. Für einen Teil der Länder besteht tatsächlich eine vollkommene Übereinstimmung mit den deutschen Vorschriften. Das rührt daher, daß diese Länder ihre Bestimmungen in enger Anlehnung an die deutschen verfaßt haben. Dagegen haben die britischen Vorschriften BSS Nr. 116—1932 für Umschaltgeräte von 11 kV zwei Schlagweiten festgelegt, von denen die eine mit 76 mm für Geräte bis 500 MVA Abschaltleistung zulässig ist, die andere mit einem Wert von 114 mm über 500 MVA Abschaltleistung ganz allgemein. Auch in den schwedischen Vorschriften der SEN 30—1944 E ist für 10 kV eine Schlagweite von 75 mm zugelassen für solche Anlagen, die durch die Lage oder durch Ableiter vor Gewitterüberspannungen ungewöhnlicher Art geschützt sind.

**Neue Erkenntnisse für die Isolationsbemessung**

Die Erkenntnisse, die durch systematische Untersuchungen in den letzten 15 Jahren über die Grundlagen einer wirtschaftlichen Isolationsbemessung gewonnen wurden [2], zeigen, daß die damaligen Festlegungen gewisse wichtige Gesichtspunkte nicht berücksichtigt haben. Zunächst die Form der Isolatoren. Die Voraussetzung der Kuhlmannschen Untersuchungen, das ist die vernachlässigbare Oberflächenleitung, ist in Wirklichkeit nicht gegeben. Vielmehr wird das Verhalten eines Isolators ausschlaggebend durch die Form der in der Regel verschmutzten und gelegentlich betauten Oberfläche bestimmt. Ist der Isolator in dieser Hinsicht ungünstig, wie dies bei dem genormten glatten Isolator zutrifft, so verhindert das große Fadenmaß nicht, daß die Überschlagspannung auf Bruchteile der Trockenüberschlagspannung absinkt.

Ferner haben sich die Anschauungen über die erforderlichen Schlagweiten auf Grund umfangreicher und von verschiedenen Seiten geführter Untersuchungen über die Spannungen, die im Betrieb auftreten, geklärt und gefestigt. Man weiß heute, wie wichtig es ist, zwischen Schlagweiten durch freie Luftstrecken (Luftschlagweiten), Schlagweiten entlang der Oberfläche der Isolatoren (Oberflächenschlagweiten) und Kriechwegen scharf zu unterscheiden. Während den Luftschlagweiten unveränderliche Stehspannungen zugeordnet werden können, ist das Isoliervermögen einer Kriechstrecke sehr stark von äußeren Einflüssen abhängig, die sich in einer Isolationsminderung auswirken. Elemente mit so verschiedenartigem Verhalten verlangen jedoch hinsichtlich ihrer Bemessung eine verschiedene Betrachtung und Behandlung. Schließlich weiß man heute besser als vor 20 Jahren, mit welcher Spannung die Anlagenisolation im allgemeinen beansprucht wird.

Man kennt die sogenannten inneren Überspannungen, die hauptsächlich bei Schaltvorgängen und in Störungsfällen auftreten, und weiß aus der umfangreichen Statistik [3], daß sie im allgemeinen den 2,5fachen Wert der Betriebsspannung nicht übersteigen. Die Bedeutung dieser Feststellung wird nicht dadurch gemindert, daß in ganz wenigen Ausnahmefäl-

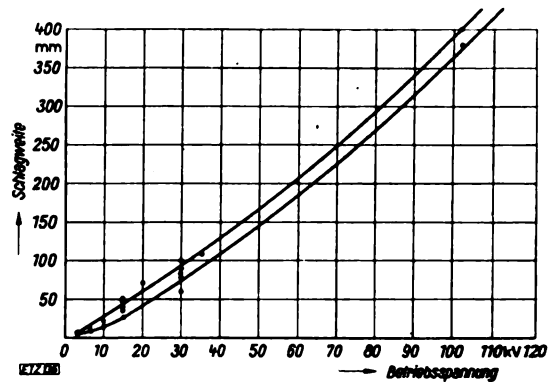


Bild 2. Grundschlagweiten in Hochspannungsnetzen, mit Stabfunkenstrecken festgestellt.

len einmal höhere Werte bis zum 3,5fachen beobachtet worden sind. In neuester Zeit sind diese statistisch ermittelten Werte wertvoll erweitert worden durch Untersuchungen, die mit Hilfe von Stabfunkenstrecken in einer Reihe von Netzen im Gange sind. In enger Zusammenarbeit zwischen dem Ausschuß VDE 0111 und der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen wurden 60 Stabfunkenstrecken in verschiedene deutsche Hochspannungsnetze eingebaut, um die kleinsten zulässigen Schlagweiten, die sog. Grundschlagweiten [4], in freier Luft zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser seit einer Reihe von Jahren laufenden Untersuchungen sind in Bild 2 dargestellt. Man erkennt, daß bei 10 kV Betriebsspannung die Grundschlagweite bei höchstens 25 mm liegt. Unter Grundschlagweite wird dabei die kleinste Schlagweite zwischen Stabelektroden verstanden, bei der während längerer Betriebsdauer kein Luftdurchschlag erfolgt.

Was die äußeren oder Gewitterüberspannungen anbetrifft, so kennt man heute die Einflußgrößen, die das Ausmaß und die Häufigkeit dieser Art von Überspannungen bestimmen. Man weiß heute eindeutig, daß gegen Überspannungen äußerer Herkunft die Geräte und Anlagen mit wirtschaftlichen Mitteln nicht isoliert werden können, daß man sie jedoch durch Schutzorgane einwandfrei vor den Folgen dieser atmosphärischen Überspannungen schützen kann [3]. Die Höhe der Restüberspannungen wird auf einen vorab eindeutig bestimmten oberen Wert begrenzt. Der Grenzwert einer Stoßwelle atmosphärischer Herkunft wird beim Vorhandensein moderner Überspannungsableiter das Dreifache des Scheitelwertes der Nennspannung nicht überschreiten ( $3 U_n \cdot \sqrt{2}$ ). Diese Begrenzungsspannung ist damit auch als untere Grenze für die Stehstoßspannung zu betrachten, die ein Isolator besitzen muß, wenn vermieden werden soll, daß die durch den Ableiter begrenzte Stoßwelle zu Überschlägen an dem Isolator führt. Für Reihe 10 liegt z. B. der Mindestwert der geforderten Stehstoßspannung bei  $3 \cdot 10 \cdot \sqrt{2}$

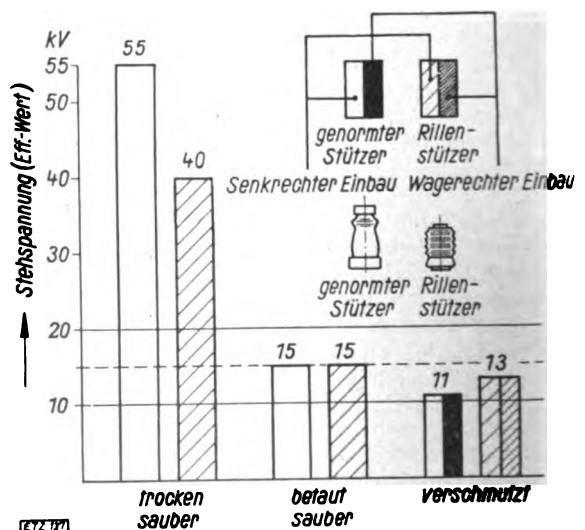


Bild 3. Isoliervermögen von Normstützern und Rillenstützern 10 kV

= 42 kV. Vergleicht man damit die Stehstoßspannung des heute genormten Stützers mit 125 mm Schlagweite von rd. 100 kV, so erkennt man ohne weiteres den vorhandenen Überschub seines Isoliervermögens.

Als dritte Einflußgröße ist neben den inneren und äußeren Überspannungen die Isolationsminderung zu nennen. Schon vor Jahren hat Estorff [2] auf den Einfluß der Verschmutzung und der Betauung auf das Isoliervermögen hingewiesen und den Begriff der Isolationsminderung geprägt, auf die manche bis dahin unerklärlichen Überschläge zurückgeführt werden konnten. Im Laufe der letzten 10 Jahre sind an mehreren Orten systematische Verschmutzungsversuche an 10 kV-Stützern mit verschiedener Oberflächenform durchgeführt worden. Über diese Versuche hat zusammenfassend Baatz auf der Tagung der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen in Eschwege 1949 berichtet. Das Ergebnis aller dieser Versuche war, daß die Isolationsminderung eines Isolators mit glatter Oberfläche unter dem Einfluß der Verschmutzung wesentlich größer ist als die eines mit gerillter Oberfläche.

### Verschmutzungsversuche

In den letzten 4 Jahren sind im Hochspannungs-Versuchsfeld der Siemens-Schuckertwerke AG. die Untersuchungen auf breiter Basis fortgesetzt worden und brachten die im folgenden geschilderten weiteren wichtigen Ergebnisse.

Ein genormter Stützer mit 125 mm Isolatorhöhe wurde mit einem neu entwickelten Rillenstützer mit 85 mm Isolatorhöhe im trockenen, betauten und verschmutzten Zustand vielen Spannungsprüfungen unterzogen, deren Auswertung in Bild 3 zusammengestellt ist. Bei 50 Hz-Prüfspannung ergab sich im sauberen Zustand eine Überschlagspannung von rd. 60 kV für den glatten Stützer und von 44 kV für den Rillenstützer. Als Isoliervermögen bei 50 Hz und gleichzeitig als höchste Prüfspannung kann demnach ein Spannungswert von 40 kV für den Rillenstützer eingesetzt werden. Das Isoliervermögen des Rillenstützers bei Stoßspannungen (Normalstoßweite 1/50  $\mu$ s) wurde für beide Polaritäten zu 80 kV ermittelt.

Bei der Messung der betauten, aber im übrigen sauberen Isolatoren war zunächst festzustellen, daß beim Rillenstützer keine ausgesprochene V-Kurve [5] zustandekam. Da die Versuche darauf abzielten, ein Isoliervermögen anzugeben, wurde der unterkühlte Isolator an eine feste Spannung in einem durch Vorversuche ermittelten Bereich gelegt und festgestellt, ob es damit zu einem Überschlag oder ohne Überschlag zu einem Austrocknen der Wasserhaut kam. Die Versuche ergaben für beide Stützerformen ein Isoliervermögen von rd. 15 kV.

Bei den Verschmutzungsversuchen wurde der Rillenstützer einem sehr feinen Flugaschenstaub ausgesetzt. Der Staub war durch ein Sieb mit 0,15 mm lichter Maschenweite durchgesiebt und ergab in 5prozentiger Lösung in destilliertem Wasser eine Leitfähigkeit von 3500  $\mu$ S. Er enthält ausreichend Kalkanteile, daß sich mit der Feuchtigkeit zusammen eine klebende Schmutzschicht bildete. Die Verschmutzungszeit wurde im Laufe der Versuche auf 2 h ausgedehnt.

Den Einfluß des elektrischen Feldes auf die Verschmutzung bei dem neuen Rillenstützer sowie bei dem glatten genormten Stützer zeigt Bild 4. Dazu ist zu bemerken, daß



Bild 4. Normstützer und Rillenstützer 10 kV in Verschmutzungsraum (vordere Stützer unter Spannung verschmutzt).

zur Abkürzung der Verschmutzungszeit die Spannung auf 22 kV eingestellt wurde, also höher lag als normalerweise im Betrieb. Es ist ferner darauf hinzuweisen, daß Entladungen an Spitzen und Kanten in Luft in der Nähe der Stützer herbeigeführt wurden, weil, wie Vorversuche ergeben hatten, auf diese Weise die Verschmutzung im Verschmutzungsraum der „natürlichen“ Verschmutzung am vollkommensten entsprach.

Bei so starker Verschmutzung, wie sie Bild 4 zeigt, lagen die gemessenen Überschlagspannungen bei senkrecht und waagrecht angeordneten Rillenstützern nur wenig unter dem Wert des sauberen betauten Isolators, obgleich die Vorentladungen beträchtlich stromstärker waren. Bei einer Verschmutzung, die etwa einer normalen Verschmutzung entspricht, kann ein Isoliervermögen von 13 kV für den 85 mm-Rillenstützer angegeben werden, während das des genormten glatten Stützers bei 11 kV liegt. Dies ist ein entscheidender Unterschied zugunsten des Rillenisolators, da erfahrungsgemäß in den Anlagen der Wert von 11 kV gelegentlich gegen Erde betriebsmäßig auftritt, nicht aber 13 kV.

### Folgerungen aus diesen Erkenntnissen für die Isolationsbemessung

Die Versuche haben in eindeutiger Weise gezeigt, daß man für Anlagen mit 10 kV Betriebsspannung kleinere Isolationsabstände zulassen kann, als sie heute durch die Vorschriften festgelegt sind. Damit ist der Weg frei für eine weitere Verkleinerung des Raumbedarfs der Schaltanlagen. Selbstverständlich muß auch der Rillenisolator neben seinen guten elektrischen Eigenschaften bestimmte weitere Forderungen erfüllen, die der Schaltanlagenkonstrukteur und noch mehr der Betriebsmann an ihn stellen müssen.



Bild 5. Oberflächenprofil des Rillenstützers 10 kV.

Was das Oberflächenprofil anbetrifft, könnte der alte Einwand erhoben werden, daß der Rillenstützer infolge seiner gerillten Oberfläche schwieriger zu reinigen ist als ein Stützer mit glatter Oberfläche. Bei dem Rillenstützer der früheren Bauform mit vielen schmalen und hohen Rippen war dieser Mangel wirklich vorhanden. Das Profil des neuen Rillenstützers wurde von vornherein mit nur wenigen und flachen Rillen, d. h. so gewählt, daß die Forderung nach bequemer Reinigung berücksichtigt ist. Aus dem Profil des neuen Rillenstützers (Bild 5) ist die leichte Reinigungsmöglichkeit ohne weiteres erkennbar. Auch der Einwand, daß der Rillenstützer leichter verschmutzt als der glatte Stützer, ist nach den Versuchen nicht stichhaltig. Zudem haben die Versuche bewiesen, daß der Rillenstützer im Bereiche der zulässigen Einbuße an Isoliervermögen viel stärker verschmutzen darf als der derzeitige Normstützer. Davon abgesehen trifft dieser Einwand auch insofern nicht zu, als bei waagrecht eingebautem Stützer für den senkrecht niederfallenden Staub eine kürzere Fläche in der Projektion vorhanden ist als bei der glatten Oberfläche des Normstützers. Dazu verteilt sich die Staubablagerung ungleichmäßig. An den schrägen Flanken der Rillen haftet nämlich der Staub nur wenig, so daß die Oberfläche in eine Anzahl abwechselnd verschmutzter und nahezu sauberer Streifen zerlegt wird, ähnlich wie es in Bild 5 durch die kleinen Striche angedeutet ist. Dadurch entstehen beim Abtrocknen unter Spannung an den staubarmen Streifen sog. Trockenzone, die in ihrer Hintereinanderschaltung geeignet sind, die Spannung auf sich zu nehmen.

Der neue Rillenstützer kann leicht für die gleichen Umbruchkräfte wie der bisher genormte Stützer gebaut werden. Durch seine geringere Höhe sind aber die Beanspruchungen am Stützerfuß im Kurzschlußfall unter sonst gleichen Bedingungen günstiger als beim genormten Stützer, so daß die Phasenabstände verringert werden können, wenn man gleiche Beanspruchungen wie bei den genormten Stützern zuläßt.

Der Schaltanlagenkonstrukteur ist verpflichtet, aus den Erkenntnissen, die aus diesen Versuchen gewonnen wurden und die letzten nur bestätigten, was schon durch frühere Versuche ähnlicher Art festgestellt worden ist, die Nutzenanwendung zu ziehen. Sie läuft darauf hinaus, daß für die Isolationsbemessung im Mittelspannungsbereich und bevorzugt für 10 kV neue Richtlinien aufgestellt werden sollten.

**Vorschlag für neue Verschmutzungsvorschriften**

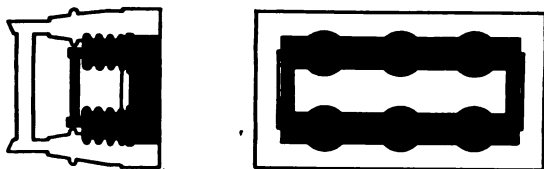
Die Versuche haben zu weiteren Erkenntnissen geführt, auf die noch kurz eingegangen werden muß, weil sie ebenfalls die bestehenden Vorschriften beeinflussen. Es hat sich herausgestellt, daß die Verschmutzungsprüfung nach VDE 0448 für die Untersuchung von Innenraumisolatoren ungeeignet ist, weil sie zu leichte Bedingungen schafft.

**Verstaubung.** — In Innenräumen kommt die Verschmutzung durch schwebenden, sehr feinen Staub zustande. Die Luftbewegung spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Auch wäscht im Innenraum der Regen keinen Schmutz weg. Dementsprechend ist bei der Untersuchung von Innenraumisolatoren der Normalstaub nach VDE 0448, der einen Anteil mit Korngrößen über 0,2 mm enthält, zu grob. Um den in Innenräumen zu beobachtenden schwebenden Staub zu erhalten, hat sich bei Flugasche eine Siebung durch ein Sieb mit 0,15 mm Maschenweite bewährt. Für die Innenraumverschmutzung ist auch die Verschmutzungszeit von 15 min nicht ausreichend. Die Einblaszeit muß auf wenigstens 2 h für eine normale Verschmutzungsstaubmenge erhöht werden.

**Elektrische Verschmutzung.** — Während der ganzen Verschmutzungszeit ist der Isolator unter Spannung zu halten. Sprühentladungen an irgendwelchen Leitern in dem betreffenden Raum beeinflussen die elektrische Verschmutzung besonders stark. Selbst wenn die Stelle einer solchen Sprühentladung nicht in unmittelbarer Nähe des Isolators liegt, verstärkt sie den elektrischen Einfluß bei der Verschmutzung dadurch, daß der Staub elektrisch geladen wird und mehr den Kraftlinien folgt als der ungeladene (Elektrofilterwirkung). Daraus folgt, daß bei Verschmutzungsversuchen entweder jede Sprühentladung im Verschmutzungsraum vermieden werden soll oder daß man, um die ungünstigsten Bedingungen zu schaffen, solche Sprühentladungen bewußt entstehen läßt. Für die Errichtung von Schaltanlagen folgt daraus, daß Sprühentladungen auch dann zu verhindern sind, wenn ihr Geräusch oder die Luftzersetzung nicht stören.

**Betauung.** — Da in Innenraumanlagen die Isolatoroberfläche nur einige Male während eines Jahres bei Witterungsumschlägen beschlagen wird, der Verstaubungsvorgang dagegen das ganze Jahr über annähernd gleichmäßig anhält, ist es für die Verschmutzungsprüfung von Innenraumisolatoren richtig, die Verschmutzung des Isolators ohne Betauung vorzunehmen, dann den Isolator abzukühlen und ihn während der Betauung unter Spannung zu untersuchen.

**Spannungsbeanspruchung.** — Die Rillenstützer mit ihrem gewellten Oberflächenprofil, deren Rippen jedoch keine Unterschneidung aufweisen, verhalten sich insofern anders als die Freiluftstützer, als sie bei aufeinanderfolgenden Prüfungen mit jeweils steigender Spannung keine ausgeprägten V-Kurven ergeben. Aus den unter dem Abschnitt „Betauung“ angegebenen Gründen ist empfehlens-



□ Norm-Porzellan    ■ Rillenporzellan

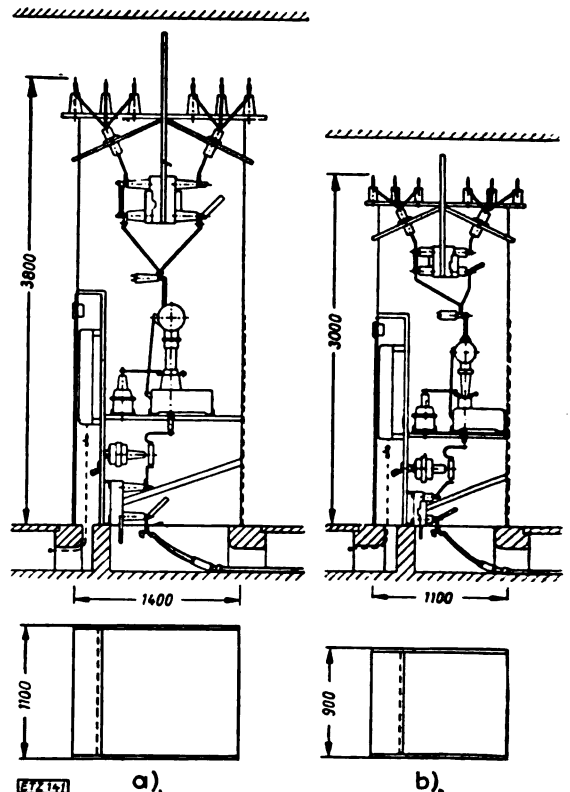
Bild 6. Größenvergleich zweier Trennschalter 10 kV, 400 A mit genormtem und Rillenporzellan.

wert, an Stelle wiederholter Spannungssteigerungen bis zum Überschlag die verschmutzten und unterkühlten Isolatoren in trockenem Zustand in die mit Dampf gefüllte Verschmutzungskammer zu bringen. Dort läßt man sie beschlagen, bis gerade Tropfen zu laufen beginnen, und legt eine durch Vorversuche vorausbestimmte Spannung an. Es ist dann abzuwarten, ob es sofort oder während der weiteren Betauung und Abtrocknung zu einem Überschlag kommt oder nicht. Der höchste Grad der möglichen Benetzung ist daran zu erkennen, daß der Feuchtigkeitsniederschlag zu laufenden Tropfen führt. Wenn dieser Zustand an dem noch nicht unter Spannung stehenden Isolator eintritt, ist der ungünstigste Fall erreicht. Dazu reichen Temperaturunterschiede zwischen etwa 4° für den Isolator und 40° für die mit Wasserdampf gesättigte Raumtemperatur in dem Verschmutzungsraum in der Regel aus.

**Vorliegende Neukonstruktionen mit Rillenisolatoren**

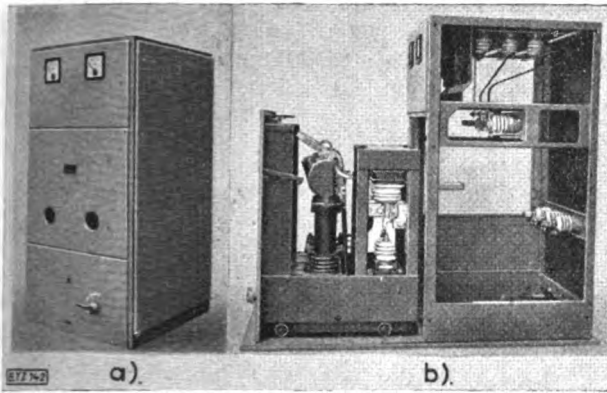
Bild 6 veranschaulicht die Schrumpfung der Abmessungen eines Trennschalters für 10 kV, 400 A mit Rillenstützern gegenüber den Abmessungen des bisherigen Trennschalters mit Normstützern. Da die Verwendung von Rillenporzellan bei Leistungsschaltern und Meßwandlern ebenfalls auf verkleinerte Abmessungen führt und weil bei einer Abkehr von den bisher üblichen großen Schlagweiten die Betriebssicherheit nicht zwangsläufig kleiner werden muß, kann man die Gesamtabmessungen einer Schaltanlage verkleinern und damit die Anlagekosten senken. Bild 7 vergleicht eine 10 kV-Normalschaltzelle (Doppelsammelschienen und 100 MVA-Leistungsschalter) mit einer gleichen Zelle mit Rillenisolatoren. Der Raumbedarf einer derartigen Zelle kann also etwa halbiert werden. Dabei sind die üblichen Sicherheitsabstände nicht krampfhaft verkleinert worden. Den gleichen Vorteil bietet die Anwendung des Rillenporzellans bei gekapselten Schaltanlagen (Bild 8).

Man trifft vielfach auf die Meinung von Betriebsleuten, daß in ihren Betrieben sich die Notwendigkeit einer erhöhten Isolationsbemessung herausgestellt habe, um einen einigermaßen ruhigen Betrieb aufrecht erhalten zu können. So gibt es heute noch zahlreiche Betriebe, die mit dieser Begründung



a) 125 mm Schlagweite mit genormten Isolatoren  
b) 85 mm Schlagweite mit Rillenisolatoren

Bild 7. 10 kV-Normalschaltzelle mit Doppelsammelschienen und 100 MVA-Leistungsschalter.



a) Vorderansicht; b) Leistungsschalter ausgefahren; c) Größenvergleich  
Bild 8. Stahlblechgekapselte Schalteinheit 10 kV, 400 A, 100 MVA  
mit Rillenporzellan.

Anlage mit der Isolationsreihe 20 gebaut wird, die Leistungsschalter, Transformatoren usw. aber aus Kostengründen mit der Isolation Reihe 10 beibehalten werden. Man macht damit die wichtigsten Geräte zum schwächsten Punkt der Anlage.

#### Zusammenfassung

Eingehende, langjährige Untersuchungen im Netz und im Prüffeld haben erwiesen, daß die heute gültigen Vorschriften für die Isolationsbemessung von Mittelspannungsanlagen, vorzugsweise von 10 kV-Anlagen, überholungsbedürftig sind. Sie stellen ein Hemmnis für die Fortentwicklung dar,

da seit ihrer Inkraftsetzung neue Erkenntnisse gewonnen wurden, die neue Aufschlüsse über die Beanspruchung der Isolation im Betrieb ergeben haben. Die Festsetzung der Schlagweite, das Fadenmaß, braucht nur die rein elektrische Beanspruchung durch Überspannungen zu berücksichtigen, während der Kriechweg so gewählt werden muß, daß eine Isolationsminderung infolge Verschmutzung in zulässigen Grenzen bleibt. Beide Forderungen sind bei dem 85 mm-Rillenisolator für Anlagen der Reihe 10 in befriedigender Weise erfüllt.

#### Schrifttum

- [1] Kuhlmann: ETZ 31 (1910) S. 90.
- [2] Estorff: ETZ 62 (1941) S. 365 u. 391.
- [3] Rump: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 34 (1943) S. 61.
- [4] Estorff: ETZ 65 (1944) S. 390.
- [5] Estorff u. Weber: ETZ 61 (1940) S. 645 u. 669.

die Isolation ihrer 10 kV-Anlagen mit der Spannungsreihe 20 durchführen. So weit diese Isolationserhöhung bei allen Anlageteilen einheitlich durchgeführt wird, ist dies zunächst nur eine wirtschaftliche Frage; daß eine solche Maßnahme generell nicht berechtigt ist, dürfte nach dem Vorhergesagten auf der Hand liegen. Der neue Rillenisolator ist dazu berufen, gerade in verschmutzungsgefährdeten Anlagen eine erhöhte Betriebssicherheit zu gewährleisten, denn es darf nach allen Erfahrungen angenommen werden, daß die zahlreichen Überschlüge in derartigen Anlagen auf eine Isolationsminderung durch Staub und Feuchtigkeit zurückzuführen sind. Im übrigen dürfte es in Sonderfällen technisch und wirtschaftlich richtiger sein, an Stelle einer Überdimensionierung der Isolation durch geringen Überdruck das Eindringen aggressiver Luft in derartig gefährdeten Anlagen zu verhindern. Ganz abwegig aber ist es offensichtlich, wenn bisweilen eine 10 kV-

## Neue Wasserkraftwerke in Indonesien

Von Jean Stieger, Surabaya

DK 621.311.21 (93)

**Vorbemerkung.** — Indonesien leidet an Energie- und Warenhungers<sup>1</sup>. Die politische Entwicklung, der plötzliche Übergang von der Kolonialverwaltung Hollands zur Selbstverwaltung brachte viele unerwartete Schwierigkeiten. Wohl etwas übereifrig wurden die bewährten europäischen Beamten ihrer Funktionen enthoben und zu Beratern degradiert. Junge, im Freiheitskampf bewährte Indonesier wurden an deren Stelle gesetzt. Es ist stets ein gefährliches Unterfangen, bewährte „Genossen“ zum Dank an verantwortlichen Stellen von Wirtschaft und Verwaltung einzusetzen. Die üppige Vegetation Indonesiens und die Duldsamkeit der Bevölkerung halfen aber mit, bis heute die Schwierigkeiten zu überwinden. Solange Reis zur Verfügung steht, sind keine allzu großen Gefahren zu befürchten. Einen schweren Eingriff in die Wirtschaft stellte jedoch die im März dieses Jahres durchgeführte Währungsreform dar, wonach alle Importe zusätzlich mit einem Importzertifikat von 200% des fremdländischen Fakturawertes bezahlt werden müssen. Da praktisch keine inländische technische Industrie vorhanden ist, müssen Güter dieser Art zum dreifachen Preis bezogen werden.

Wenn man weiß, daß es sich beim Bau und Betrieb von Wasserkraftwerken fast ausschließlich um ein langfristiges Kapitalgeschäft handelt, in dem zu Beginn große Kapitalien investiert werden müssen, während sich der spätere Betrieb mit geringen Mitteln durchführen läßt, begreift man, daß es sich bei diesen Devisenmaßnahmen um einen schweren Schlag gegen solche Unternehmen handelt. Ein Groß-

teil des Investierungskapitals wird für Importeinkäufe benötigt, diese aber müssen mit dem dreifachen Wert bezahlt werden, daraus resultiert eine Erhöhung der Kraftwerkskosten um das 2... 3fache. Wenn man dann zudem mit der allgemeinen Teuerung seit 1939 rechnet, so ergeben sich Beträge, die das Vielfache von früher ausmachen. Mit diesen Schwierigkeiten hat die hiesige Elektrizitätswirtschaft zu kämpfen, bei privat- und gemeinwirtschaftlichen Betrieben ist zudem mit dem Verstaatlichungsbestreben weiter Kreise zu rechnen. An dieser Stelle befassen wir uns mit dem Wiederaufbau der Kali-Konto-Werke, welche in der Kriegs- und Nachkriegszeit vollkommen zerstört wurden.

#### Die Kali-Konto-Werke

Die Werke bestehen aus den Wasserkraftzentralen Mendalan und Siman, erstere wurde 1928, letztere 1931 in Betrieb genommen. Beide sind Eigentum der NIWEM (Indonesische Wasserkraftgesellschaft). Die NIWEM stellt ein gemeinwirtschaftliches Unternehmen mit Beteiligung der Aniem und der Regierung dar.

Im September 1950 sollte der Betrieb mit Teillast wieder aufgenommen werden, so daß von diesem Datum ab Ost-Java mit den Hauptplätzen Surabaya, Malang, Modjokerto, Kediri, Probolinggo usw. wieder mit hydraulisch erzeugter Energie versorgt werden kann<sup>2</sup>. Der Einsatz dieser Werke ist dringend notwendig, wenn man berücksichtigt, daß seit ihrem Ausfall die alte, im Jahre 1912 in Betrieb genommene thermische Zentrale Semampir die Energielieferung überneh-

<sup>1</sup> Vgl. a. J. Stieger: Betrachtung zur Elektrizitätswirtschaft Indonesiens. Elektrotechnik 2 (1950) S. 55.

<sup>2</sup> M. Zwappu, G. S. Goemans: Exc. Konigl. Inst. van Ingenieurs. Kring Surabaya, 1. Juli 1950.

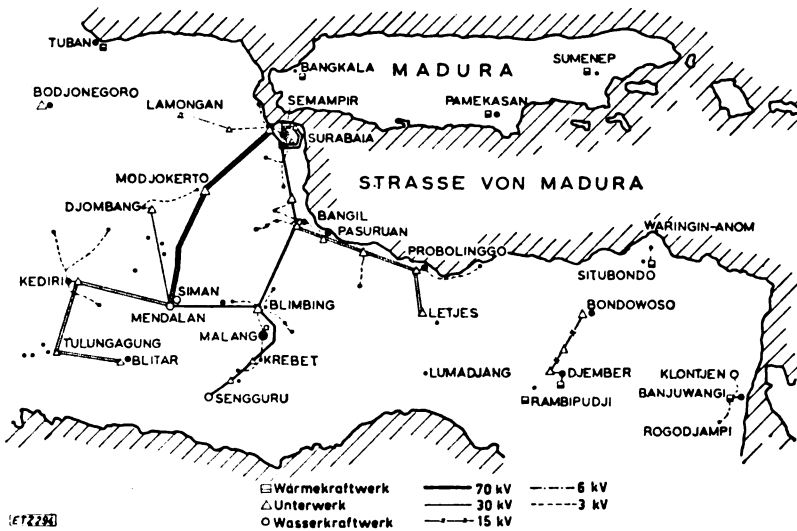


Bild 1. Die Stromversorgung Ost-Javas.

men mußte. Semampir wurde bereits lange vor dem Krieg als veraltet außer Betrieb genommen, inzwischen aber mußte sie all die Zeit mit Höchstlast arbeiten, jeder Defekt an Diesel- oder Dampfturbinen zwang zur Abschaltung gewisser Verbrauchsgebiete. Wenn auch die Kali-Konto-Werke vorläufig nur mit Teillast arbeiten, so tritt doch eine Entspannung in der Stromversorgung Ost-Javas ein. Bild 1 zeigt eine Übersicht über die Lage der Kali-Konto-Werke und deren Versorgungsgebiet.

**Wasserkraftwerk Mendalan**

Mendalan, seit 1928 in Betrieb, ist ein Mitteldruckwerk mit 4 direkt gekuppelten, horizontalliegenden Gruppen (Francisturbinen mit normalen Synchrongeneratoren).

**Turbinen:**

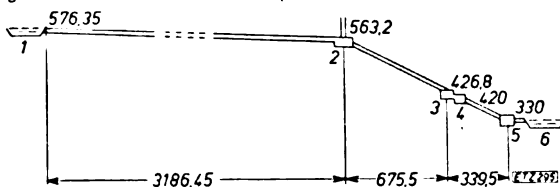
Druckgefälle	H : 137 ... 152,5 m
Größte Wassermenge:	Q : 5000 ... 5250 l/s
Leistung	N : 7800 ... 9000 PS
Drehzahl	n : 750 U/min

**Generatoren:**

Stromart	Drehstrom
Frequenz	f = 50 Hz
Spannung	U = 6000 Hz
Nennleistung	N = 7000 kVA

Während des Krieges wurde durch Bombenabwurf die 6 kV-Verteilanlage zerstört, worauf die Japaner die Freilufttransformatoren 6/70 kV in unterirdische Kammern versetzten. Nach der japanischen Kapitulation waren beide Zentralen weitgehend in Betrieb, erst in den Nachkriegswirren wurden Generatoren und Turbinen mit Bomben vernichtet, wobei auch der Hochbau restlos zerstört wurde. Später stellte man fest, daß aus den Resten der ehemals vier Maschinensätze noch ein Satz zusammengebaut werden konnte. Er wird nächstens in Betrieb genommen werden. Ursprünglich wurde der Schaden auf 2,5 Mio. hfl. geschätzt, durch die erwähnten Maßnahmen ist er inzwischen auf 5 Mio. hfl. gestiegen und wird bis zum Vollausbau beachtlich weiter steigen.

Die geographischen Gegebenheiten in Indonesien, kegelförmige Berge meist vulkanischen Ursprungs mit radialem Wasserabfluß, sind für die Wasserkraftnutzung nicht günstig. Einzig die üppige Urwaldvegetation schafft einen gewissen Ausgleich im Wasserhaushalt, so daß die Kali-Konto-Werke



1 Kali-Konto (Einlauf), 2 Wasserschloß, 3 Kraftwerk Mendalan, 4 Tagesspeicher, 5 Zentrale Siman, 6 Kali-Konto (Rückfluß)  
Bild 2. Vereinfachtes Langsprofil der Kali-Konto-Werke.

in normalen Jahren bis zu 200 Tagen mit Nennlast fahren können. Die aus Beschreibungen bekannten treppenförmig angelegten Reisfelder (Sahawas) müssen unter Wasser stehen, das künstliche Bewässerungssystem muß also jederzeit betriebsbereit sein. Für die Turbinen steht nur ein Teil der Abflußmenge zur Verfügung. Künstliche Stauseen wie in den Alpen sind kaum möglich — von Ausnahmen abgesehen — so daß also im wasserwirtschaftlichen Sektor mit wesentlich andern Verhältnissen gerechnet werden muß.

Die bauliche Anordnung: Das Wasser wird vom Staudamm mit Wasserfang und Grobrechen nach dem Säuberungsbecken geführt, von Sand und Kies gereinigt und durch einen 3200 m langen Stollen geleitet. Mendalan besitzt einen Tagesspeicher von 100 000 m<sup>3</sup> Inhalt, um damit vor allem die Abendspitzen zu decken. Dieser Speicher leistet zugleich als weitere Filteranlage wertvolle Dienste. Er ist in zwei Hälften unterteilt, die dann bei genügendem Wasservorrat regelmäßig durchspült werden können. In der Praxis hat sich eine Spülung alle 14 Tage als ausreichend erwiesen und bewährt, wobei — dem Belastungscharakter dieser Gebiete entsprechend — sich die Spülungszeiten auf die schwach belasteten Sonntage konzentrieren. Die Spülung wird durch eine zusätzliche Druckpumpe gefördert, die wegzuspülende Geschiebemenge beträgt für die erwähnte Zeitperiode im Mittel 6000 m<sup>3</sup>.

**Zentrale Siman**

Nachfolgend die technischen Daten dieser Zentrale, wobei vorläufig für den Wiederaufbau nur zwei Gruppen vorgesehen sind. Der vollständige Plan enthält 3 direkt gekuppelte, vertikal angeordnete Gruppen mit Francisturbine und Dreiphasen-Synchrongenerator.

Turbine	Generator
H : 86 ... 95.8 m	N : 4500 kVA
Q : 4200 ... 4450 l/s	U : 6000 V
N : 4000 ... 4800 PS	f : 50 Hz
n : 600 U/min	

Die Zentrale Siman stellt (Bild 2) die zweite Druckstufe dar, die Maschinen dieser Zentrale werden von Mendalan aus ferngesteuert. Der Ausfluß von Mendalan mündet wiederum in einen Tagesspeicher, so daß von hier aus eine verbesserte Anpassung an das Tagesdiagramm möglich ist. Dadurch, daß sich die Turbinen von Siman dank vertikaler Bauweise in Schächten befanden, blieben sie vor den Zerstörungen durch Terroristen verschont. Interessant ist die Art der Zerstörung von Turbine 1. Bei einem Luftbombardement durch die Amerikaner wurde die Druckleitung getroffen. Die Explosion in der Leitung führte zu einer Druckwelle, welche sich längs der Leitung fortpflanzte und den ersten Turbinenschieber (Maschine 1) zertrümmerte. — Die Wiederaufbauarbeiten gestalten sich in diesen Gebieten unvergleichlich schwieriger als beispielsweise in Europa, es fehlen die entsprechenden Ausrüstungen und, was schlimmer ist, die geschulten Arbeitskräfte.

In der ersten Ausbaustufe, welche nun in Betrieb kommt, stehen rd. 10 000 kW hydroelektrischer Energie zur Verfügung, wenig im Vergleich mit europäischen oder amerikanischen Verbrauchsziffern. Vergessen wir aber nicht, daß es sich zum großen Teil — die alles überragende Belastungsspitze um 20 h beweist das — um Lichtverbrauch handelt, der in hochentwickelten Gegenden nur noch einen geringen Bruchteil der Belastung ausmacht. Ferner, daß damit ein Gebiet mit einer Bevölkerung von mehr als 15 Millionen Menschen versorgt wird. Die elektrische Energie wird über 70 und 30 kV-Freileitungen den Verbrauchszentren zugeführt und dort als Hochspannung an die Aniem verkauft, die sie umformt und verteilt.

Montage, Zusammenbau, Hochbauten und Freileitungen müssen alle dem Land und Klima angepaßt sein, Schneebelastungen fallen weg, während die Fragen der Erwärmung, der



Zerstörung durch Insekten und klimatische Einflüsse in den Vordergrund treten. Doch alle technischen Probleme treten heute gegenüber den wirtschaftlichen Schwierigkeiten in den Hintergrund. Der weitere Ausbau bis zur früher betriebenen Nennleistung ist allein eine Frage der Finanzierung und deren rechtlicher Stabilisierung, also fast ausschließlich abhängig von der politischen Entwicklung. Mit Rücksicht auf die neuesten Ereignisse und die allgemeinen Zustände in Südostasien wollen wir keine allzuweit reichende Prognose stellen. Die unumstößliche Tatsache aber, daß die elektrische Energie ein ausgesprochenes Sozialprodukt darstellt, daß deren spezifischer Verbrauch ein Maßstab für den Lebensstandard eines Volkes bildet, zeigen deutlich den Rückstand dieser Gebiete. Da die asiatischen Millionen heute

nach einer Verbesserung der Lebensumstände verlangen, muß in diesem Gebiet die spezifische Leistung erhöht werden; Mehrverbrauch kann nur durch Mehrleistung ermöglicht werden.

Daß dem Bau von Kraftwerken und der Elektrizitätsausbreitung heute so schwer zu überwindende Schranken gesetzt sind, ist zu bedauern, darf aber als nur vorübergehend betrachtet werden. Mit diesem Gedanken müssen die verantwortlichen Regierungsstellen vertraut sein, weil sonst eine wichtige Energiequelle brach liegen bleibt. Die nahe Zukunft kann uns sehr wohl vor eine veränderte Lage stellen; mit der Wiederinbetriebnahme der Kali-Konto-Werke ist ein Anfang zur Verbesserung der Bedarfsdeckung an elektrischer Energie Indonesiens gemacht.

## Magnetfeldstreuung an den Rändern von Luftspalten

(Mitteilung aus dem Telefunken-Eis-Laboratorium)

Von F. Bergtold, Dachau

DK 621.318.3/4.013.5

**Übersicht.** Vielfach werden magnetische Kreise mit Luftspalten benutzt. Kerne mit Luftspalt verwendet man z. B. für Drosseln, die mit Gleichstrom vormagnetisiert sind. Luftspalte kommen außerdem bei sehr vielen Dauer- und Elektromagnetanordnungen vor. An den Rändern solcher Luftspalte streut das Magnetfeld mehr oder weniger. Durch diese Streuung wird der wirksame Querschnitt des Feldes an der Stelle des Luftspaltes erweitert. Daraus ergibt sich einerseits ein verringerter magnetischer Widerstand für den Luftspalt und andererseits unter sonst gleichen Verhältnissen eine geringere Felddichte im eigentlichen Luftspalt. Die Berechnungen von Eisenkörpern mit Luftspalt muß man daher die Streuung des Magnetfeldes am Luftspalt zahlenmäßig erfassen. Hierfür sollen nachstehende Zeilen einige Unterlagen bieten.

### Der Ausgangspunkt

Bild 1 zeigt einen Eisenkern mit Luftspalt. Der eine Schenkel des Eisenkernes ist von einer Spule umschlossen. Das Magnetfeld streut an dem Luftspalt. Die Polfläche ist dort quadratisch vorausgesetzt. Die Breite und Länge des Eisenquerschnittes wird in Bild 1 mit  $b$  bezeichnet. Die in der Feldrichtung gemessene Länge des Luftspaltes — also seine Dicke — ist  $d'$  genannt.

Die Streuung am Luftspalt wirkt sich so aus, als ob der Luftspalt mit der Breite  $b$  um ein Stück  $\Delta b$  nach jeder Seite erweitert wäre. Dieses Stück  $\Delta b$  kann so bemessen werden, daß hierfür dieselbe Felddichte gilt wie im übrigen Luftspalt. Man ersetzt also das inhomogene Streufeld, das sich an den Rändern des Luftspaltes ausbildet, durch ein homogenes, in seiner räumlichen Ausdehnung scharf begrenztes Feld, dessen Felddichte gleich der des Hauptfeldes ist. Bild 2 zeigt — doppelt schraffiert — den Querschnitt des Hauptfeldes und zusätzlich — das Hauptfeld umschließend — den Ersatz für das Streufeld. Die Querschnittsfläche, die letzterem zukommt, ist nur einfach schraffiert. In der Regel hat man es hinsichtlich des Luftspaltes mit einem der beiden folgenden Fälle zu tun:

Fall a: Die beiden Polflächen des Eisenkernes sind einander gleich. Der Luftspalt ist also eine Unterbrechung in einem Eisenweg von gleichbleibendem Querschnitt. Dieser Fall ist durch Bild 3 veranschaulicht.

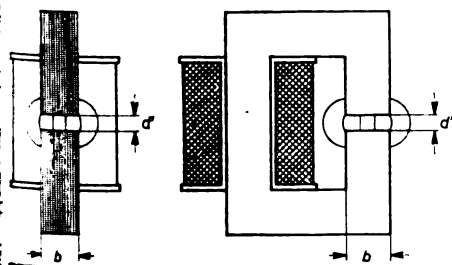


Bild 1. Drossel mit Luftspalt.

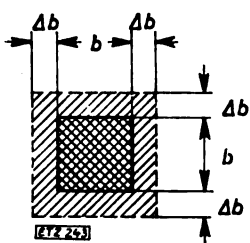


Bild 2. Hauptfeld und Ersatz für das Streufeld, Querschnitt.

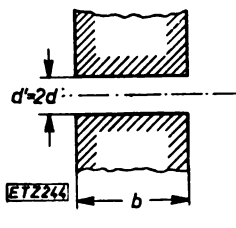


Bild 3. Luftspalt zwischen gleichen Polflächen.

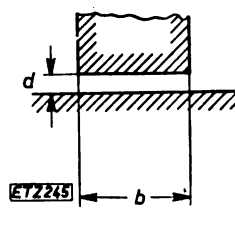


Bild 4. Luftspalt zwischen Pol und größerer Fläche.

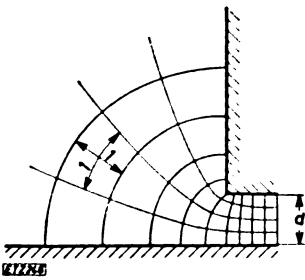


Bild 5. Streufeld zu Bild 4.

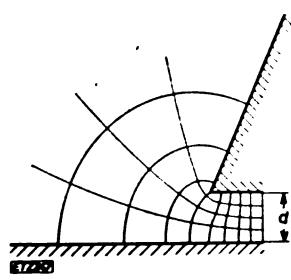


Bild 6. Feld zwischen spitzwinkligem Pol und Fläche.

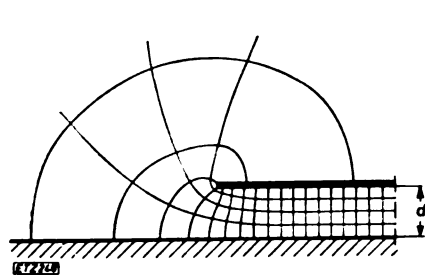


Bild 7. Feldbild Fläche gegen größere Fläche.

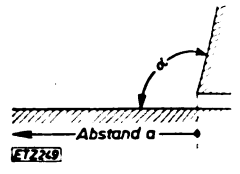


Bild 8. Polflächenwinkel  $\alpha$  zur vorausgesetzten Streufeldausdehnung  $a = 7,5 d$ .

1. Die Feldlinien treten aus dem Eisen praktisch senkrecht aus und münden in das Eisen ebenso senkrecht ein.
2. Die Äquipotentiallinien stehen auf den Feldlinien senkrecht.

3. Der mittlere Abstand zwischen zwei benachbarten Äquipotentiallinien und der mittlere Abstand zweier an derselben Stelle befindlicher, gleichwertiger Magnetfeldlinien stehen für das gesamte Feldbild stets im selben Verhältnis zueinander. Für den Entwurf des Feldbildes wählt man das Abstandsverhältnis 1:1 (vergl. Bild 5).

Man beginnt den Entwurf des Feldbildes am besten so weit innerhalb des Luftspaltes, daß man dort noch mit einem homogenen Feldteil rechnen kann. In dem homogenen Feldteil ergeben sich durch das Überkreuzen der Feldlinien mit den Äquipotentiallinien exakte Quadrate. Beide Linien sind dort gerade.

Wenn man nun den homogenen Feldteil verlassen muß, tut man das am besten zunächst mit der mittleren Äquipotentiallinie. Diese ist die Winkelhalbierende für den von den beiden seitlichen Polbegrenzungen gebildeten Winkel. Der Übergang von der Mitte des Luftspaltes zu dieser Winkelhalbierenden erfolgt allmählich

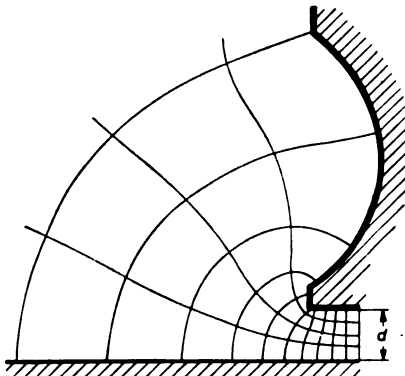


Bild 9. Pol mit seitlichem Ausschnitt.

und zwar so, daß an der Ecke des Pols der Abstand von dieser bis zur mittleren Äquipotentiallinie kleiner ist als der von dieser bis zur ausgedehnten Fläche. Nun entwirft man zu dieser mittleren Äquipotentiallinie probeweise weitere Feldlinien derart, daß die oben genannten Regeln gemeinsam erfüllt werden. Hat man dies einigermaßen erreicht, so fügt man weitere Äquipotentiallinien hinzu und ergänzt das Bild wiederum durch Feldlinien. Auf diese Weise ergeben sich Feldlinienbilder, wie sie in Bild 5 und Bild 6 dargestellt sind. Bild 7 zeigt ein weiteres Feldbild, bei dem für den gesamten oberen Magnetpol lediglich eine Fläche vorausgesetzt ist. Mit der Winkelbezeichnung von Bild 8 gehört zu Bild 7 der Winkel  $180^\circ$ . Bild 9 zeigt den Feldverlauf für einen Pol, der an der seitlichen Fläche zur Verminderung des

Streufeldes mit einem Ausschnitt versehen ist. Wie man schon ohne zahlenmäßigen Vergleich erkennen kann, wird durch einen solchen seitlichen Ausschnitt das Streufeld nur unwesentlich vermindert.

Um nun den Zuschlag  $\Delta b$  zur Breite  $b$  des zwischen den Polen vorhandenen homogenen Feldes aus den Feldbildern abzuleiten, müssen wir uns z. B. auf eine bestimmte Ausdehnung  $a$  der ebenen Fläche beschränken. Als solche wählen wir das 7,5fache der Luftspaltdicke  $d$  (also  $a/d = 7,5$ ). Damit erhalten wir — abhängig von dem durch Bild 8 veranschaulichten Winkel  $\alpha$  — die in Bild 10 eingetragenen Zuschläge. Die Kennlinie von Bild 10 besagt z. B.: Für  $\alpha = 90^\circ$  ist das Streufeld dadurch zu ersetzen, daß man sich den Feldquerschnitt für den Luftspalt auf jeder Seite um das 1,8fache der Luftspaltdicke verbreitert denkt. Hierzu zwei Beispiele.

1. Beispiel: Es stehe ein rechteckiger Pol mit senkrechten seitlichen Begrenzungen und einem Polquerschnitt von  $1,5 \cdot 2,5 \text{ cm}^2$  einer ausgedehnten Eisenfläche in einem Abstand von 2 mm gegenüber.  $a$  ist hier  $90^\circ$ . Der Zuschlag gemäß Bild 10 beträgt  $1,8 d$ . Der Wert von  $d$  ist mit 2 mm gegeben. Wir haben also auf jeder Seite  $2 \cdot 1,8 = 3,6 \text{ mm}$  hinzuzuzählen. Das gibt für die beiden einander jeweils gegenüberliegenden Seiten insgesamt rund 7 mm. Der auf homogenes Feld unter Berücksichtigung der Streuung umgerechnete Feldquerschnitt beträgt somit  $(1,5 + 0,7) \cdot (2,5 + 0,7) \approx 7$  gegenüber 3,75 ohne Berücksichtigung der Streuung.

2. Beispiel: Es mögen sich zwei Pole mit quadratischen Polflächen so gegenüberstehen, wie das in Bild 1 veranschaulicht ist. Dabei sei  $b = 20 \text{ mm}$ ,  $d' = 2d = 1,5 \text{ mm}$ . Auch in diesem Fall haben wir es mit einem Winkel von  $90^\circ$  zu tun. Somit beträgt der Zuschlag wiederum  $1,8 d$ . Der Abstand  $d$  ist hier mit  $1,5 : 2 = 0,75$  gegeben, also Zuschlag  $1,8 \cdot 0,75 = 1,35 \text{ mm}$ . Der unter Berücksichtigung der Streuung sich ergebende Querschnitt des homogenen Feldes beträgt somit  $(20 + 2 \cdot 1,35)^2 = 500 \text{ mm}^2 = 5 \text{ cm}^2$  gegenüber  $4 \text{ cm}^2$  ohne Berücksichtigung der Streuung.

Die Annahme, daß für das Streufeld eine Ausdehnung der Fläche bis auf  $7,5 d$  in Betracht käme, ist recht willkürlich. Hat man Gründe dafür, eine geringere Ausdehnung anzusetzen, so kann man Bild 11 zu Hilfe nehmen. Dort ist als Abszisse die lineare Ausdehnung der Fläche über den Rand des gegenüberstehenden Poles hinaus aufgetragen. Als Maß hierfür wurde das Verhältnis  $a/d$  ge-

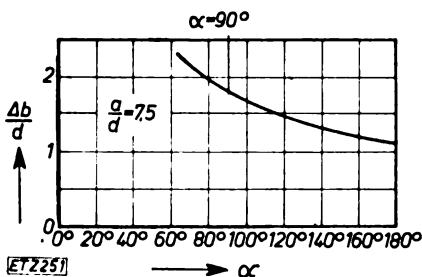


Bild 10. Ermittlung der Streufeldzuschläge.

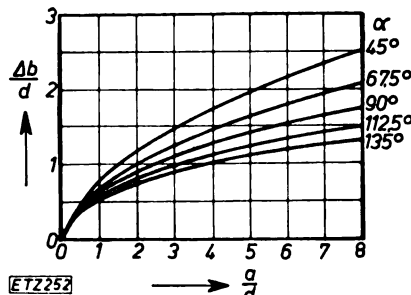


Bild 11. Zuschlagsermittlung für verschiedene Werte von  $a$  und  $\alpha$ .

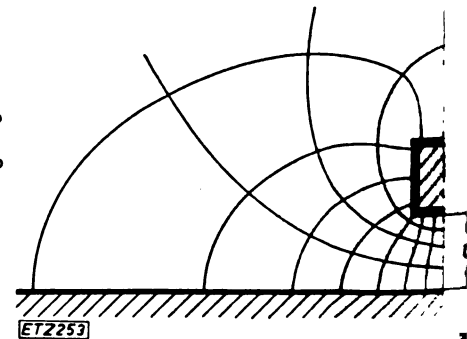
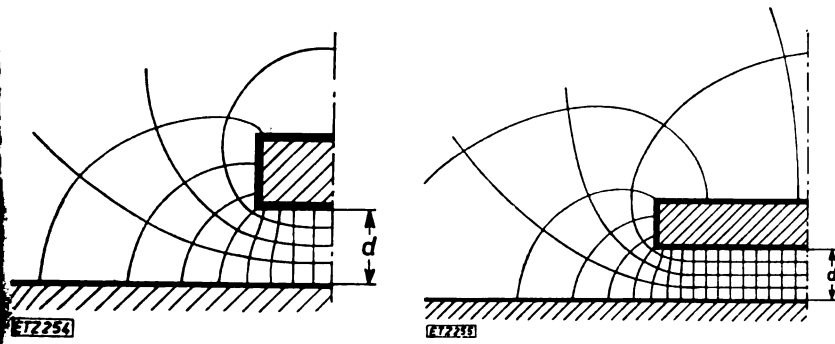


Bild 12. Feldbild unter Berücksichtigung der Polrückenflächen.



$$\Delta b = 0,58 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot d \cdot 100}{a}}$$

Es gibt Fälle, in denen man sich nicht auf die Berücksichtigung der senkrechten Begrenzungsflächen der Pole beschränken darf, sondern auch die Rückseiten der Pole beachten muß. Der Feldverlauf zu solchen Anordnungen ist beispielsweise in den Bildern 12, 13 und 14 veranschaulicht. Die Verbreiterungen ( $\Delta d$ ) der Feldquerschnitte, die sich für eine Ausdehnung der Fläche auf  $7,5 d$  über den Polrand hinaus ergeben, sind in Bild 9 eingetragen.  $\Delta b/d$  beträgt für Bild 12 1,3, für Bild 13 1,4 und für Bild 14 1,5.

Bilder 13 u. 14. Feldbilder unter Berücksichtigung der Polrückflächen.

ählt. Als Ordinate sind die Werte der Zuschläge  $\Delta b$  — ebenfalls bezogen auf  $d$  — angegeben. Die Kennlinienchar von Bild 11 zeigt einen recht regelmäßigen Verlauf. Das reizt dazu, eine Formel aufzustellen, die den Zusammenhang beschreibt; diese Formel lautet:

$$\frac{\Delta b}{d} = 0,58 \cdot \sqrt{\frac{a}{d} \cdot \frac{100}{a}} \quad \text{oder, wenn man mit } d \text{ vervielfacht,}$$

**Zusammenfassung**

Die Streuung an den Rändern der Luftspalte in magnetischen Kreisen wird für häufig vorkommende Fälle graphisch untersucht. Aus den Untersuchungen ergibt sich eine Formel. Mit ihr läßt sich für ein durchweg homogenes Feld im Luftspalt einfach errechnen, wie weit die Polfläche zum Ersatz des Streufeldes verbreitert werden muß.

**Meßmotor als Integrator und Meßwandler**

Von Anton Schwarz, Berlin

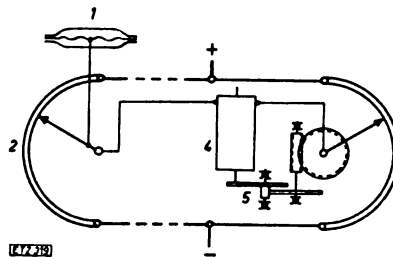
DK 621.313.84 : 621.317.791 : 621.398

**Übersicht.** Der Aufsatz beschreibt Aufbau, Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten eines hochempfindlichen Meßorgans, das eine Funktion in Meßvorgänge einführen, aber auch Zeigerstellungen und Werte fernübertragen und regeln kann. Der Meßmotor hat hohen Wirkungsgrad und ein geringes Trägheitsmoment.

Der Begriff „Meßmotor“ bezeichnet nur eine der kennzeichnenden Eigenschaften dieser Kleinstmaschine<sup>1</sup>, nämlich die lineare Abhängigkeit der Umlaufzahl von der angelegten Spannung. Der Läufer des Meßmotors (Bild 1) ist mit drei um  $120^\circ$  gegeneinander versetzten Läuferespulen ausgerüstet, die über einen Edelmetall-Kommutator an Spannung liegen. Der sich im permanenten Feld eines Innenarm-Magnetsystems drehende Läufer wird durch die im metallischen Wicklungsträger erzeugte Wirbelstromdämpfung in seiner Umlaufgeschwindigkeit begrenzt. An Stelle der beim Drehspulsystem durch die Gegenkraft einer Feder begrenzten Auslenkung tritt also hier die Winkelgeschwindigkeit als Meßgröße auf.

In Motorschaltung dient der Meßmotor, begünstigt durch die geringe Ansprechleistung, beispielsweise im Anschluß an Photoelemente als Lichtmengenähler und zusammen mit einem nach einer frei wählbaren Anzahl von Umläufen schaltenden Organ als Lichtmenschalter bei chemographischen Arbeiten. Benutzt man den Meßmotor als Zeitschalter, der über einen großen Bereich verstellbar ist, so kann er beispielsweise die Einschaltdauer eines Glühofens steuern, und

zwar mit einer Brückenschaltung abhängig von der Glüh-temperatur. Bemerkenswert ist auch die Verwendung des Meßmotors zum Vorschub eines Registrierstreifens, der einen



- 1 Meßwertgeber (Manometer)
  - 2 Widerstandsender
  - 3 Schleifwiderstand im Tochtersystem
  - 4 Motor des Tochtersystems
  - 5 Zahnraduntersetzung
- Bild 2. Stellungsfernübertragung mit Meßmotor und Feinschleifwiderständen.

Vorgang nicht im Zeitmaßstab aufzeichnet, sondern unmittelbar abhängig von einer Bestimmungsgröße, z. B. vom Temperaturverlauf. Der Meßmotor kann, wie Bild 1 zeigt, mit Untersetzungsgetriebe und Momentschalter eine Baueinheit bilden. An Stelle des Momentschalters tritt in einer anderen Anordnung ein Feinstschleifwiderstand als Tochtersystem zur Stellungs-Fernübertragung im Anschluß an Widerstandsender. Ein Schaltungsbeispiel zeigt Bild 2. Der Meßwert-

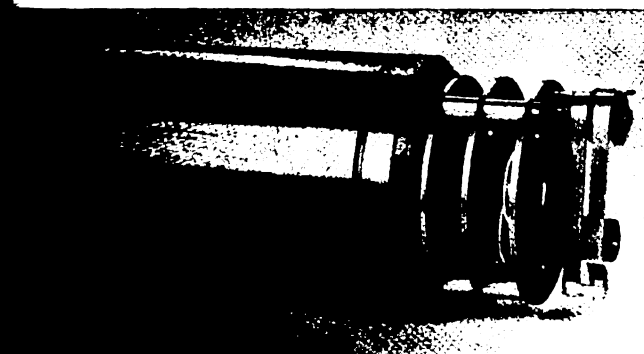


Bild 1. Meßmotor mit Untersetzungsgetriebe und Momentschalter.

<sup>1</sup> Hersteller: Firma Erich Zachariä, Berlin-Zehlendorf, Busseallee 11.

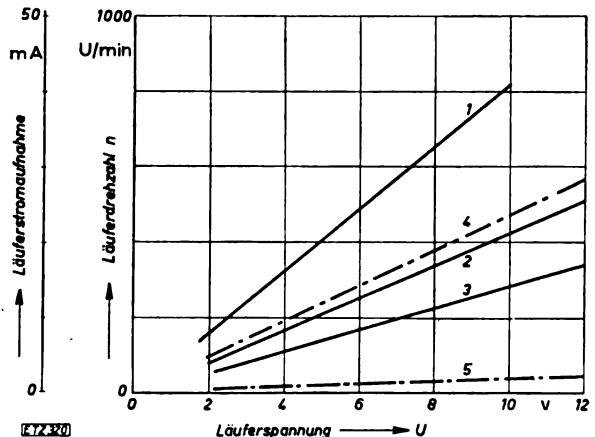


Bild 3. Läuferdrehzahl (1 bei geringer, 2 bei mittlerer, 3 bei starker Läuferdämpfung) und Stromaufnahme (4 bei starker, 5 bei geringer Läuferdämpfung) im Motorbetrieb.

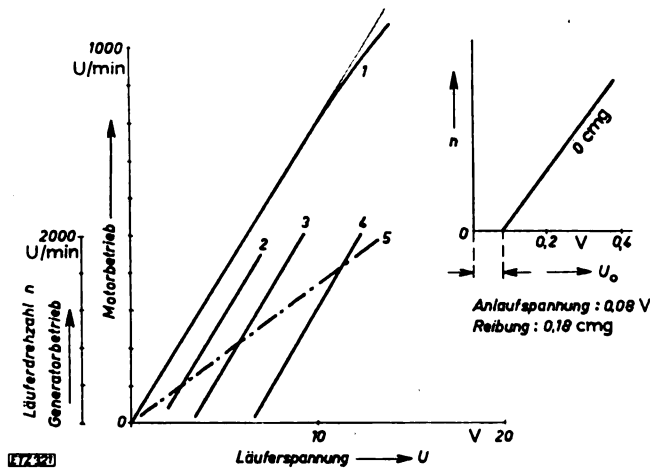


Bild 4. Neendrehmoment im Motorbetrieb (1: 0 cmg, 2: 5 cmg, 3: 10 cmg, 4: 20 cmg) und induzierte Läufer Spannung im Generatorbetrieb (Arbeitskreiswiderstand 500 Ω).

geber, hier ein Manometer 1, bewegt den Schleifer des Widerstandsenders 2, dessen Enden ebenso wie die Enden des Widerstandes 3 des Tochter-systems an Gleichspannung liegen. In der Verbindungsleitung beider Schleifer liegt der Meßmotor 4, der über das Untersetzungsgetriebe 5 den Schleifer des Widerstandes 3 in der einen oder anderen Drehrichtung bewegt, bis er stromlos wird. Die Stellung des Schleifers des Widerstandes 3 gibt damit den augenblicklichen Meßwert. An Stelle des Widerstandsenders 2 kann ggf. nach Verstärkung ein elektrischer Meßwertgeber, z. B. ein Widerstandsthermometer unmittelbar benutzt werden. Bei Anordnungen für Kompensographen wird die Schreibfeder mit dem Schleifer des Widerstandes 3 des Tochter-systems mechanisch gekuppelt.

Im Anschluß an einen über 360° gewickelten Ringspannungsteiler eignet sich das Tochter-system zur Fernübertragung auch von „durchdrehenden“ Winkelstellungen, beispielsweise zur Stellungsfern-anzeige von Windfahnen. Durch die Untersetzung zwischen Motor- und Schleiferwelle können im Gegensatz zu den auf dem Kreuzspulsystem aufbauenden Anordnungen sehr hohe Drehmomente abgenommen werden. Das geringe Trägheitsmoment und die Wirbel-

stromdämpfung des Läufers gewährleisten eine aperiodische Einstellung. Auch bei Großgeräten mit körperlichem Zeiger bis 360° Zeigerausschlag, wie sie in Kraftwerken, großchemischen Betrieben usw. zur Fernanzeige von Meßwerten dienen, ist die Anordnung bereits angewandt worden.

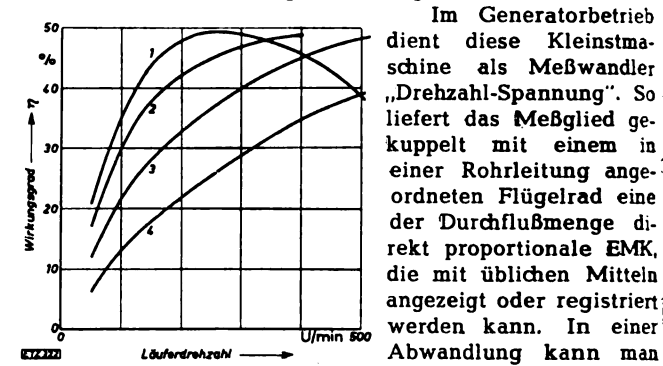


Bild 5. Motorwirkungsgrad; 1) Nenn-drehmoment 2,5 cmg, 2) 5 cmg, 3) 10 cmg, 4) 20 cmg.

stromdämpfung des Läufers gewährleisten eine aperiodische Einstellung. Auch bei Großgeräten mit körperlichem Zeiger bis 360° Zeigerausschlag, wie sie in Kraftwerken, großchemischen Betrieben usw. zur Fernanzeige von Meßwerten dienen, ist die Anordnung bereits angewandt worden.

Im Generatorbetrieb dient diese Kleinstmaschine als Meßwandler „Drehzahl-Spannung“. So liefert das Meßglied gekuppelt mit einem in einer Rohrleitung angeordneten Flügelrad eine der Durchflußmenge direkt proportionale EMK, die mit üblichen Mitteln angezeigt oder registriert werden kann. In einer Abwandlung kann man die Mischung von zwei strömenden Medien (Gasen, Dämpfen, Schwebstoffen oder Flüssigkeiten) regeln. Die Nutzspannung der Meßgeneratoren beeinflusst die Wicklungen eines Relais, welches entsprechend dem vorgegebenen Mischungsverhältnis in den Zuflußleitungen liegende Ventile steuert.

In Bild 3, 4 und 5 sind die wesentlichsten Kennlinien von Meßmotor und Meßgenerator verzeichnet. Die Messungen sind an dem in Bild 1 dargestellten Modell durchgeführt, das einen Läuferwiderstand von rd. 350 Ω besaß.

**Kennwerte beim Betrieb als Meßmotor:**

Anspruchleistung	: 10 μW
Anspruchspannung	: 0,08 V
Anspruchstrom	: 0,125 mA
Drehzahl	: 73 U/min, V
Statisches Drehmoment	: 3,70 cmg/V
Reibungsmoment	: 0,18 cmg

**Kennwerte beim Betrieb als Meßgenerator:**  
Induzierte Läufer Spannung : 5,90 mV/U/min bei einem Widerstand des Arbeitskreises von 500 Ω.

**Normalausführung:** Innenkern-Magnetsystem mit eisenlosem Trommelanker, Edelmetallkommutator und mit Steinlagern.  
Gehäuseaußendurchm. : 45 mm  
Gehäuselänge : 75 mm  
Gesamtgewicht : rd. 400 g  
(In einer Sonderausführung kann das Modell mit einem mittleren Läuferwiderstand bis zu 2000 Ω, mit erhöhter Dämpfung und mit Kugellagern hergestellt werden. Mit besonderen Innenkernsystemen läßt sich die Maschinenleistung noch steigern.)

## Synchron- und gleichfalls Asynchrongeneratoren in großen Dampfkraftwerken?

DK 621.311.22 : 621.313.322 : 621.313.332

F. Gropp<sup>1</sup> regt eine Diskussion an über die Frage: Ist es vorteilhaft, für die Energieübertragung über große Strecken neben Synchron- auch Asynchrongeneratoren zu verwenden? Man könne z. B. eine Leistung von 100 MW (125 MVA bei  $\cos \varphi = 0,8$ ) mit einer Zweiwelenturbine mit einer Synchron- und einer Asynchronmaschine erzeugen. Das biete gegenüber einer 125 MVA-Maschine mehrere Vorteile: Vermeiden der bei uns noch nicht üblichen Wasserstoffkühlung, leichter erhältliche Schmiedestücke, geringere Baulänge, kleinere zu hebende Gewichte, kleinerer Preis der Asynchronmaschine, nur eine Erregermaschine.

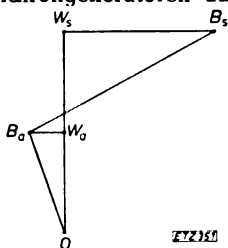


Bild 1. Leistungsdiagramm.

Bild 1 gibt Aufschluß über die von den 2 Maschinen zu liefernden Leistungen: Der Asynchrongenerator hat 50 MW Wirkleistung ( $OW_a$ ), rd. 16,5 MVA Blindleistung ( $W_a B_a$ ), zusammen 53 MVA ( $OB_a$ ). Die Synchronmaschine liefert 50 MW Wirkleistung ( $W_a W_s$ ), Blindleistung des Netzes

75 MVA ( $W_a B_s$ ), dazu 16,5 MVA der asynchronen Maschine, also 91,5 MVA Blindlast. Ihre Scheinleistung ist daher über 104 MVA bei  $\cos \varphi = 0,48$  ( $B_a B_s$ ). Sie erhält zweckmäßig Wasserstoffkühlung (über die unsere Konstrukteure genügend Unterlagen besitzen). Man erkennt, daß die vorgeschlagene Teilung bei großem Blindleistungsbedarf des Netzes unwirtschaftlich ist; die angeführten Vorteile sind in Frage gestellt.

Die größten bisher ausgeführten 2poligen Motoren hatten etwa 5 MW. Eine Extrapolation von 5 auf 50 MW ist kaum möglich. Die asynchrone 50 MW-Maschine bietet mehrere neue Probleme (Luftführung, Käfiganker, Läuferkörper, kritische Drehzahl). Ihr Nennlastschlupf ist etwa 0,1 %. Wie beeinflusst dies die Wirksamkeit der Maschine im Netz?

Die Betriebssicherheit der asynchronen Maschine ist zunächst sicherlich kleiner (Kinderkrankheiten) als die eines synchronen Generators, der auf einer fast 50jährigen allmählichen Entwicklung fußt. Darum sollte man dies Problem nur dann ernstlich aufgreifen, wenn die Vorteile für den Netzbetrieb wesentlich sind und wenn sicher feststeht, daß diese Vorteile mit synchronen Maschinen und mit modernen schnellwirkenden Reglern unerreichbar bleiben. Ka

<sup>1</sup> Fr. G r o p p : Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) S. 203; 1 S.

# Elektrische Unsymmetrie in Hochstromleitungen großer Drehstrom-Schmelzöfen

Von Erich Kluß, Krefeld

DK 621.365.3.036.62 : 621.3.011.3

**Übersicht.** Bei Energieverbrauchern mit hohen Strömen (Lichtbogenöfen) ist die Größe der Betriebsreaktanz bedeutsam. Sie liegt beispielsweise bei großen Karbidöfen in der Größenordnung von  $(200 \dots 1000) \cdot 10^{-6} \Omega$ . Ihr Verhältnis zum Herd-widerstand bedingt den Leistungsfaktor der Ofenanlage. Die Reaktanz muß durch passend gewählte geometrische Anordnung der Leiter möglichst klein gehalten werden. Neben ihrem praktisch erreichbaren Kleinstwert spielt auch bei Drehstromöfen ihre Gleichmäßigkeit in den drei Phasen eine bedeutende Rolle. Ist die geometrische Symmetrie der Leitungsführung gestört, so treten sich infolge der dabei auftretenden „schiefen Reaktanzen“ Ungleichmäßigkeiten in der Leistungsaufteilung auf die einzelnen Phasen, die dem Betriebsmann unter dem Begriff „scharfe“ und „tote“ Phase bekannt sind. In vorliegender Arbeit wird nach einer kurzen Ableitung des Induktivitätsbegriffes das Wesen der schiefen Reaktanz in einer einfachen Drehstromleiter-Anordnung gebracht und ihre Auswirkung im Vektordiagramm übersichtlich dargestellt. Auf die Möglichkeit, die Auswirkung dieser elektrischen Unsymmetrie zu kompensieren, wird hingewiesen.

Die elektrischen Schmelzöfen, Lichtbogenöfen, zählen zu den Großverbrauchern an elektrischer Energie. Die elektrische Leistung, bei Großöfen bis zu etwa 30 000 kW, wird mit relativ niedrigen Spannungen und daher mit hohen Strömen in der Größenordnung von 100 000 A zugeführt. Diese großen Ströme und die mit ihnen verketteten starken magnetischen Wechselfelder erzeugen in den stromführenden Leitern große induktive Widerstände, die mit den Strömen hohe induktive Spannungsabfälle zur Folge haben, so daß die dem Ofen zugeführte Spannung, besonders bei schlechtem Leistungsfaktor, beträchtlich unter der Spannung am Transformator liegt.

An einer Reaktanz von  $1000 \cdot 10^{-6} \Omega$  beträgt z. B. bei einem Strom von 100 000 A und  $\cos \varphi = 0,8$  der induktive Spannungsverlust 60 V. Deshalb sollte mit allen Mitteln versucht werden, die Reaktanz auf ein Mindestmaß zu verringern. Da im allgemeinen die Frequenz des Netzes festliegt, ist eine kleine Reaktanz nur durch eine möglichst kleine Induktivität aller stromführenden Teile zu erreichen. Damit erhält die Induktivität als eine im Bau und Betrieb des Ofens wichtige Größe eine universelle Bedeutung.

Der Begriff des Induktionskoeffizienten leitet sich aus dem sog. Neumannschen Doppelintegral ab und führt für lange gerade parallele Leiter von der Länge  $l$  mit gegebenen Querschnitten zu einem einfachen Ausdruck. Es ist

$$L_{ik} = 2l \left[ \ln \frac{2l}{x_{ik}} - 1 \right] \cdot 10^{-9} \text{ H} \quad (1)$$

(alle geometrischen Maße in cm).

Dabei ist  $x_{ik}$  der „mittlere geometrische Abstand“ (m. g. A.) der beiden Querschnittsflächen voneinander. Je nachdem man in die Formel  $x_{ij}$  (m. g. A. von sich selbst) oder  $x_{jk}$  (m. g. A. voneinander) einsetzt, erhält man den Selbstinduktionskoeffizienten  $L_{ii}$  des Leiters  $i$  oder den Koeffizienten der gegenseitigen Induktion  $L_{jk}$  dieses Leiters. Bei einer aus einem Hin- und Rückleiter gleichen Querschnittes bestehenden Einphasenleitung ergibt sich daraus bekanntlich der Induktionskoeffizient des Hinleiters zu

$$L_1 = L_{11} - L_{12} = 2l \ln \frac{x_{12}}{x_{11}} \cdot 10^{-9} \text{ H.} \quad (2)$$

Besitzen die Leiter Kreisquerschnitte mit dem Halbmesser  $r$ , so ist bekanntlich  $\ln x_{11} = \ln r - \frac{1}{4}$ ;  $x_{12} = d$  ( $d$  Abstand der Leiterachsen) und man erhält aus Gl. (2) den bekannten Ausdruck

$$L_1 = 2l \left( \ln \frac{d}{r} + \frac{1}{4} \right) \cdot 10^{-9} \text{ H.} \quad (2a)$$

Ebenso groß ist die Induktivität des Rückleiters.

**Induktivität bei Drehstromleitungen.** — Sind die drei Leiter gleichen Querschnittes symmetrisch angeordnet, so daß ihre Achsen in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks liegen, dann ergibt sich, wie hier nicht näher abgeleitet werden soll, aus der Bedingung

$$L_{11} = L_{22} = L_{33} \text{ (gleicher Halbmesser der Leiter)}$$

$$L_{12} = L_{13} = L_{23} \text{ (Lagesymmetrie)}$$

$$L_1 = L_{11} - L_{12}, \quad L_2 = L_{11} - L_{12}, \quad L_3 = L_{11} - L_{12}, \quad (3)$$

somit für den Induktionskoeffizienten jeder Phase der gleiche Ausdruck wie bei der Einphasenleitung, Gl. (2) bzw. (2a). Es sei nun die Drehstromleitung unsymmetrisch angeordnet (Lageunsymmetrie), die Ströme in den einzelnen Phasen seien symmetrisch und befolgen ein einfach harmonisches Zeitgesetz, das sich komplex  $i = Ie^{j\omega t}$  schreiben läßt. Mit Einführung des Operators  $\alpha$  [1] gilt für die Ströme der Ansatz

$$I_1 = I_1 e^{j\omega t}, \quad I_2 = \alpha^2 I_1 e^{j\omega t}, \quad I_3 = \alpha I_1 e^{j\omega t}, \quad (4)$$

wobei

$$\alpha = -\frac{1}{2} + j \frac{1}{2} \sqrt{3}, \quad \alpha^2 = -\frac{1}{2} - j \frac{1}{2} \sqrt{3}, \quad 1 + \alpha + \alpha^2 = 0. \quad (5)$$

Aus der Gleichung für den induktiven Spannungsabfall auf der Länge  $l$  des Leiters 1

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} l = L_{11} \frac{\partial i_1}{\partial t} + L_{12} \frac{\partial i_2}{\partial t} + L_{13} \frac{\partial i_3}{\partial t}$$

erhält man unter Berücksichtigung der Beziehungen (4) und (5)

$$-\frac{\partial u_1}{\partial x} l = j \omega I_1 (L_{11} + \alpha^2 L_{12} + \alpha L_{13}) \quad (6)$$

und somit die Betriebsinduktivität des Leiters 1

$$L_1 = (L_{11} + \alpha^2 L_{12} + \alpha L_{13}). \quad (7)$$

Die Betriebsinduktivität ist eine komplexe Größe [2]. Ähnliche Ausdrücke erhält man für die Leiter 2 und 3:

$$L_2 = (L_{22} + \alpha L_{21} + \alpha^2 L_{23}) \quad (7a)$$

$$L_3 = (L_{33} + \alpha^2 L_{31} + \alpha L_{32}) \quad (7b)$$

Berücksichtigt man in den Vektoren  $\alpha$  und  $\alpha^2$  nur die reelle Komponente, so findet man aus den Gleichungen (7), (7a) und (7b) folgende bekannte Beziehungen ( $L_{11} = L_{22} = L_{33}$ ):

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= L_{11} - \frac{1}{2} (L_{12} + L_{13}) \\ L_2 &= L_{11} - \frac{1}{2} (L_{21} + L_{23}) \\ L_3 &= L_{11} - \frac{1}{2} (L_{31} + L_{32}) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Aus diesen ergeben sich bei Lagesymmetrie die Gleichungen (3).

Es seien die drei Phasen der Drehstromleitung in einer Ebene angeordnet, wobei die Abstände aufeinander folgender Leiter gleich groß sind ( $x_{12} = \frac{1}{2} x_{13}$ ) (Bild 1).

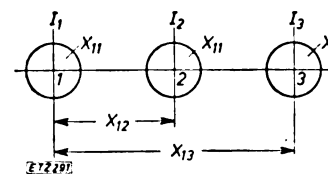


Bild 1. Unsymmetrische Anordnung von Drehstromleitungen.

Dann erhält man mit Gl. (1) für die Betriebsinduktivitäten der einzelnen Phasen nach einer Zwischenrechnung aus den Gleichungen (7), (7a), (7b) ( $x_{11} = x_{22} = x_{33}$ ):

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= 2l \left[ \ln \frac{x_{12}}{x_{11}} \sqrt{2} - j \frac{1}{2} \sqrt{3} \ln 2 \right] \cdot 10^{-9} \text{ H} \\ L_2 &= 2l \ln \frac{x_{21}}{x_{11}} \cdot 10^{-9} \text{ H} \\ L_3 &= 2l \left[ \ln \frac{x_{12}}{x_{11}} \sqrt{2} + j \frac{1}{2} \sqrt{3} \ln 2 \right] \cdot 10^{-9} \text{ H.} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

In dem Gleichungstrippel (9) treten  $L_1$  und  $L_3$  als komplexe Größen auf. Das führt zum Begriff der „schiefen Reaktanzen“ und verursacht im Betrieb mit großen Strömen (Ofenströmen) Erscheinungen, die dem Betriebsmann als „scharfe“ und „tote“ Phase bekannt sind [3, 4, 5].

Diese Erscheinung soll an der einfachen Anordnung des Bildes 1 rechnerisch untersucht werden. Dabei soll noch der ohmsche Spannungsabfall jedes Leiters berücksichtigt werden. Der Widerstand des Leiters sei  $R$ , das Stromsystem sei symmetrisch. Die durch die Ströme in den einzelnen Leitern von der Länge  $l$  verursachten Spannungsabfälle betragen

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial u_1}{\partial x} l &= I_1 R + I_1 j \omega L_{11} + I_2 j \omega L_{12} + I_3 j \omega L_{13} \\ -\frac{\partial u_2}{\partial x} l &= I_1 j \omega L_{21} + I_2 R + I_2 j \omega L_{22} + I_3 j \omega L_{23} \\ -\frac{\partial u_3}{\partial x} l &= I_1 j \omega L_{31} + I_2 j \omega L_{32} + I_3 R + I_3 j \omega L_{33} \end{aligned} \right\} (10)$$

Es ist nun  $L_{11} = L_{22} = L_{33}$ ;  $L_{12} = L_{21}$ ;  $L_{23} = L_{32}$ ;  $L_{31} = L_{13}$ . Nach Einführung der Beziehungen (4) (5) erhält man schließlich für die Betriebsgrößen der einzelnen Phasen

$$\left. \begin{aligned} R_I &= \left( R + \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{12} - \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{13} \right) \\ L_I &= \left( L_{11} - \frac{1}{2} L_{12} - \frac{1}{2} L_{13} \right) \\ R_{II} &= \left( R - \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{12} + \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{13} \right) \\ L_{II} &= \left( L_{22} - \frac{1}{2} L_{12} - \frac{1}{2} L_{23} \right) \\ R_{III} &= \left( R - \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{23} + \frac{1}{2} \sqrt{3} \omega L_{13} \right) \\ L_{III} &= \left( L_{33} - \frac{1}{2} L_{23} - \frac{1}{2} L_{13} \right) \end{aligned} \right\} (11)$$

Es zeigt sich:

1. In den ohmschen Widerständen der Außenphasen kommen additiv Glieder hinzu. Sie sind, wie hier nicht abgeleitet werden soll, die imaginären Komponenten der komplexen Induktivität. Dafür erscheint in der Induktivität des Leiters nur ihre reelle Komponente.
2. Die ohmschen Widerstände der einzelnen Phasen sind trotz gleicher  $R$ -Werte unterschiedlich, und zwar ist  $R_I$  größer als  $R_{II}$ , das seinen wahren Wert  $R$  beibehält, dieses ist wieder größer als  $R_{III}$ .
3. Auch die Induktivitäten und damit die induktiven Widerstände sind unterschiedlich, und zwar sind bei dieser An-

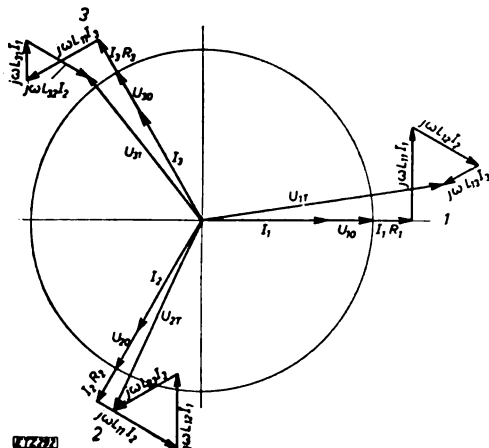


Bild 2. Unsymmetrie in den Transformatorspannungen bei symmetrisch angenommenen Ofenbelastungen und -strömen infolge schiefer Reaktanzen; 1 „tote Phase“, 2 „scharfe Phase“.

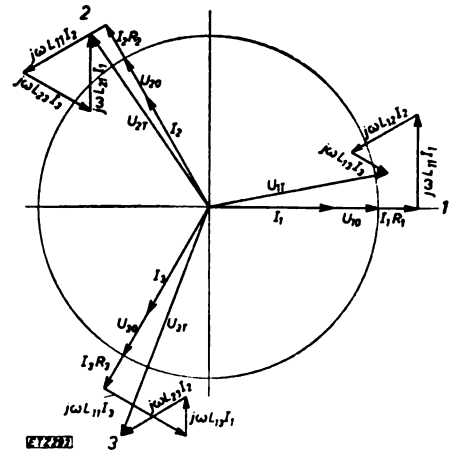


Bild 3. Vertauschung der Phasen 2 und 3: 1 „scharfe Phase“, 3 „tote Phase“.

ordnung die induktiven Widerstandswerte der Phasen 1 und 3 gleich groß, in der Phase 2 jedoch kleiner. Diese Unsymmetrie der Leitungsbetriebswiderstände bedingt, daß bei gleichen Belastungswiderständen (im Ofen) und bei symmetrischen Phasenspannungen die Lastströme in den einzelnen Phasen unterschiedlich sind. In unserem Beispiel würde Phase 1 den kleinsten, Phase 3 den größten Strom führen. Phase 1 wäre die sog. „tote“, Phase 3 die „scharfe“ Phase.

Am augenscheinlichsten sind die hier besprochenen Verhältnisse in einem Vektordiagramm zu erkennen. Im Bild 2 wird das Spannungsdiagramm eines Drehstromsystems bei gleich großen symmetrischen Phasenströmen und symmetrischen Ofenspannungen  $U_0$  bei schiefer Reaktanzen gezeigt. Um die Unsymmetrieverhältnisse besonders deutlich zu machen, sind die Unterschiede der einzelnen Induktionskoeffizienten absichtlich übertrieben gewählt. Wie das Vektorbild zeigt, ergeben sich verschieden große Phasenspannungen im Ofentransformator. In Phase 1 ist die für den Belastungsstrom  $I_1$  benötigte Transformatorspannung am größten, in Phase 3 für den gleich großen Strom  $I_3$  am kleinsten, d. h. umgekehrt: bei gleich großen Phasenspannungen am Transformator wäre der Strom  $I_1$  kleiner als der Strom  $I_3$ . Phase 1 ist die tote Phase, Phase 3 die scharfe. Vertauscht man zwei Phasen, verlagern sich auch die scharfe- und tote Phase. Dies ist aus Bild 3 deutlich zu ersehen. Eine weitere Folge der durch die schiefen Reaktanzen bewirkten Unsymmetrie ist das Auftreten einer Nullspannung zwischen den Belastungs- und Transformatorsternpunkten trotz angenommener gleicher Belastungswiderstände im Ofen (Herdwiderstände). Die Nullspannung verdankt ihre Existenz der Ungleichung  $L_{12} \neq L_{13}$ . Eine weitere Folge ist eine unsymmetrische Aufteilung der symmetrisch angenommenen Ofenbelastung auf die einzelnen Phasen des Ofentransformators. Diese Lastunsymmetrie wird auch auf die Primärseite des Ofentransformators bzw. in das weitere Primärnetz übertragen. Um sie zu vermindern, wird man bei mehreren an das Primärsystem angeschlossenen Ofentransformatoren die Phasen entsprechend vertauschen. Mit Hilfe der symmetrischen Komponentenrechnung kann man leicht das Mit- und Gegensystem dieser Belastung und damit den Unsymmetriegrad der Anlage oder jedes einzelnen Ofenstromkreises ermitteln. Bei Großöfen wählt man Transformatoren mit Einzelregelung der Phasenspannungen unter Last (Regeltransformatoren) [5]. Man kann mit ihnen die Auswirkung der schiefer Reaktanzen weitgehend beeinflussen oder auch eine beabsichtigte unsymmetrische Lastverteilung im Ofen herbeiführen.

Die Erscheinung der toten und scharfen Phase tritt deutlich in großen, unsymmetrisch gebauten Öfen auf (Elektroden nebeneinander). Schon äußerlich erkennt man den Unterschied in den Belastungen der Außenphasen. Die eine Außenelektrode steht ruhig in der Beschickung (tote Phase), an der anderen Außenelektrode zeigen sich lebhaftere Bewe-



ungen, starke Energieumsetzungen und unruhiges Brennen (scharfe Phase). Diesem unterschiedlichen Verhalten der beiden Elektroden entspricht auch der Abbrand der beiden äußeren Elektroden. Es ist schwer, für die durch die schiefen Reaktanzen allein bewirkte Stromunsymmetrie Zahlenangaben zu bringen, da in den gemessenen Stromwerten sich auch immer die Unsymmetrie des Herdwiderstandes auswirkt, wobei der Wert des Phasenherdwiderstandes an und für sich eine Rechengröße darstellt, die bei symmetrischer Reaktanz der Ofenanlage aus der Geometrie der Leitungs-Setzt man gleiche Phasenwiderstände voraus, so kann, da die Reaktanz der Ofenanlage aus der Geometrie der Leitungsanordnung genügend genau errechnet werden kann, die Unsymmetrie der Belastungsströme der Außenphasen gegenüber dem Strom der Mittelphase ermittelt werden. Sie liegt beispielsweise bei einem Karbidgroßofen in der Größenordnung von rund  $\pm 10\%$ .

In modernen Ofenanlagen liegt die Hauptinduktion im Ofen, d. h. in der Anordnung der Elektroden bzw. ihrer unmittelbaren Zuleitungen, da die Leitungen zu dem Ofen selbst weitgehend verschachtelt sind. Sind die Elektroden im gleichseitigen Dreieck angeordnet, so ist nach früherem keine Reaktanzungleichheit zu erwarten, die Erscheinung der toten und scharfen Phasen tritt hier merklich nicht auf. Anders jedoch bei nebeneinander angeordneten Elektroden. Bei Großöfen mit Regeltransformatoren kann man sich helfen, wie oben gesagt. Bei Ofentransformatoren mit festen Spannungen kann die Symmetrie durch künstliche Erhöhung der gegenseitigen Induktionskoeffizienten der äußeren Phasenleiter (Bild 2) hergestellt werden. Diese Erhöhung wird erreicht durch Eisenlamellen, die um die beiden Leitungen mit geringerem gegenseitigen Induktionskoeffizienten gelegt werden. Auch der Selbstinduktionskoeffizient einer Leitung kann durch Eisenlamellen über dieser Leitung vergrößert und dem Wert der anderen Leitungen angepaßt werden.

Das Anbringen von Eisenlamellen erhöht naturgemäß die Induktion im allgemeinen und verschlechtert den Ofenleistungsfaktor. Zweckmäßig werden bei diesen Ofen die Leitungen so ausgeführt, daß die induktiven Beeinflussungen gering sind [6].

### Zusammenfassung

Unsymmetrien in der Leiteranordnung der Hochstromleitung von großen Drehstrom-Schmelzöfen bedingen infolge der unsymmetrischen Phasenreaktanzen eine unterschiedliche Aufteilung der gesamten Drehstromleistung auf die einzelnen Phasen (Begriffe der toten und scharfen Phasen). Dieser Unsymmetrie kann bei Regeltransformatoren von Großöfen durch Einzelregelung der Phasenspannungen unter Last gesteuert werden. Bei Ofentransformatoren mit festen Spannungen, wie sie bei Ofen kleinerer Leistungen anzutreffen sind, können die Phasen durch künstliche Erhöhung der gegenseitigen Induktionskoeffizienten der äußeren Phasen symmetriert werden. Diese Erhöhung wird durch Eisenlamellen erreicht, die um die beiden Leitungen gelegt werden. Zweckmäßig sollen allgemein die Ofenleitungen so ausgelegt sein, daß bei einem Mindestwert der Betriebsreaktanz die induktiven Beeinflussungen gering sind.

### Schrifttum

- [1] Oberdorfer: Lehrbuch der Elektrotechnik, Bd. 2, 5. Aufl. Leibniz-Verl., München 1949.
- [2] Brüderlink: Zur systematischen Berechnung der Betriebsinduktivität von Mehrleitersystemen. ETZ 70 (1949) S. 233.
- [3] Wotschke: Die Leistung des Drehstromofens. Jul. Springer, Berlin 1923.
- [4] F. Walter: Die Leistung eines neuzeitlichen Drehstromlichtbogenofens. Elektrowärme 7 (1937) H. 2.
- [5] Kluss: Das Drehstromsystem mit veränderlichen Phasenspannungen. Arch. Elektrotechn. 39 (1949) S. 543.
- [6] F. Walter: Zur Entwicklung von Lichtbogenöfen großer Leistungsfähigkeit. Elektrowärme 5 (1935) S. 54.

## Gerät zur Fehlerorts-, Lage- und Tiefenbestimmung von Kabeln

Von F. E. Planer, London

DK 621.317.333.4 : 621.315.2

Das im folgenden beschriebene Gerät wurde entwickelt zur Bestimmung von Fehlerorten in Kabeln und Freileitungen, zum Aufsuchen von Kabeln, Drähten und anderen Leitern, deren Verlegungsort unbekannt ist, sowie zur Tiefenbestimmung von vergrabenen elektrischen Leitern.

Das Gerät (Bild 1) arbeitet nach der Induktionsmethode und nimmt grundsätzlich das durch einen im Leiter fließenden Wechselstrom erzeugte elektromagnetische Feld mit einer Induktionsspule und einem Telephonhörer auf. Die Vorteile dieser Methode zur Kabelfehler-Ortsbestimmung sind seit längerer Zeit bekannt und verschiedene Anwendungsmöglichkeiten sind von Zeit zu Zeit in der technischen Literatur beschrieben worden. Schwierigkeiten traten jedoch auf, wenn Anordnungen dieser Art zur Fehlerbestimmung an armierten und Bleimantelkabeln herangezogen wurden. Bei solchen Kabeln war die Induktionsmethode unzuverlässig wegen der im Mantel fließenden Ströme, wenn die Armierung oder der Bleimantel am Fehlerort mit den Adern verbunden war, sowie auch wegen der magnetischen Abschirmung durch die Eisenarmierung und der unzureichenden Empfindlichkeit des Auffangerätes. Fortschritte in der Schwachstromtechnik haben diese Schwierigkeiten größtenteils überwunden, und so berichtet z. B. der Midland Electricity Board, daß in den letzten fünf Jahren mit der Induktionsmethode über 95% aller Fehler in ihrem sich über 1500 km erstreckenden Netz aufgefunden wurden. Die Kabeltypen erstreckten sich von  $3 \times 160 \text{ mm}^2$ , 33 kV bis zu  $3 \text{ mm}^2$  Niederspannungskabeln<sup>1</sup>.

Im folgenden werden die elektrischen und physikalischen Eigenschaften sowie einige neuartige Anwendungsmethoden eines modernen empfindlichen Induktionssuchgerätes für die obigen Zwecke besprochen. Dieses Gerät besitzt verbesserte Detektorspulen hohen Wirkungsgrades und neue, patentierte Schaltungsanordnungen.

### Anwendungen

Einer der Vorteile des neuen Gerätes besteht in der wesentlich erhöhten Empfindlichkeit. Diese erlaubt, die Fehlerortsbestimmung nicht nur an armierten und Kabeln mit Bleimantel auszuführen, sondern auch an Bergwerks- und Untergrundbahn-Kabeln, die eine oder mehrere Abschirmungen besitzen u. dgl. Man kann ohne Schwierigkeiten an Telephonkabeln messen, die wegen der Nebensprech-Störungsgefahr nur kleine Wechselströme führen dürfen, sowie an verseilten Paaren, wobei eine der Adern als Rückleitung dient. Die erhöhte Empfindlichkeit erlaubt ferner die Anwendung des Gerätes für Flußkabel und Freileitungen, da eine Stromstärke von 1 mA genügt, um einen gut hörbaren Ton bei einer Entfernung von über 13 m zu erzielen. In einer normalen verseilten Telephon-Inneninstallation ist es im allgemeinen möglich, beide Teilnehmer einer Telephonverbindung bei einem Abstand des Gerätes von etwa 2 m zu verstehen.

Ein wichtiger Anwendungsbereich des modernen Induktionssuchers liegt in Fehlern schwieriger Natur, bei denen andere Methoden vielfach versagen, z. B. da, wo die Leiter eines mehradrigen Kabels unterbrochen, miteinander und mit Erde verbunden sind und wo keine Rückleitung vorhan-

<sup>1</sup> Elektrician, 21. Mai 1948.

den ist. Fehler dieser Art kommen gelegentlich auf Flugplätzen vor, wo sie gewöhnlich durch Aufgraben und wiederholtes Schneiden des Kabels beseitigt werden müssen: eine umständliche und kostspielige Methode. Ähnliche Fehler treten auch an Hochspannungs- und anderen Kraftübertragungskabeln auf. Wenn in solchen Anlagen während der Entwicklung des Fehlers die automatische Druckluftschalter nicht sofort ansprechen, verschmelzen die Leiter an der Fehlerstelle und Kurzschluß zwischen Leitern und Erde kann zusammen mit Unterbrechung der Adern auftreten.

Ein weiterer Vorteil der Induktionsmethode ist das rasche Herausfinden der schadhafte Leitung. Es sei z. B. angenommen, daß ein Fehlerort durch eine der üblichen Methoden bestimmt worden ist und der Ingenieur bei der Öffnung des Grabens eine Anzahl Kabel ohne Kennzeichnung des fehlerhaften vorfindet. Das gesuchte Kabel kann gefunden werden, indem der Induktionssucher nacheinander über jedes Kabel gehalten wird, wobei ein Ende des fehlerhaften Kabels mit einer Wechselstromquelle verbunden sein muß.

Das Gerät kann auch die Verlegungstiefe ermitteln. Bei Kabeln in weichem Boden kommt es gelegentlich vor, daß Teilstrecken sich allmählich senken. Beim Abhorchen des Feldes mit einem Induktionsgerät schwächt dann die zunehmende Tiefenlage des Kabels die Lautstärke. Die falsche Deutung einer solchen Tonstärkenabnahme als Fehlerstelle kann vermieden werden, wenn die Tiefe vor und nach der verdächtigten Zone mit der Tiefenbestimmungsanordnung geprüft wird.

Weiter kann man mit dem Gerät den Verlauf von vergrabenen oder anderweitig nicht zugänglichen Rohrleitungen verfolgen.

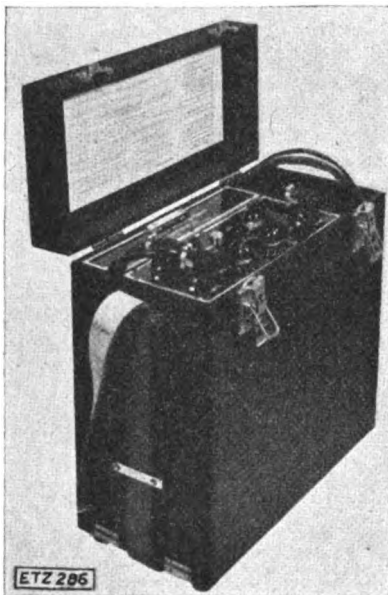


Bild 1. Das Kabelfehlerorts-Suchgerät.

### Beschreibung und Gebrauch des Suchgerätes

Das Gerät besteht aus zwei hochempfindlichen Detektorspulen, einem Röhrenverstärker, einem zweiteiligen piezoelektrischen Telephonhörer, Batterie und Tragkasten. Das vollständige Gerät wiegt weniger als 6 kg.

Zum Gebrauch wird Wechsel- oder pulsierender Gleichstrom an einem der Enden des zu untersuchenden Kabels angeschlossen und zwar zwischen zwei Adern, zwischen Adern und Mantel oder Erde oder auch zwischen Mantel und Erde, je nach Verwendungszweck und Fehlerart. Gewöhnlich benutzt man eine Batterie mit Unterbrecher. Für gewisse Anwendungen empfiehlt sich ein Oszillator oder Wechselstromgenerator. Wo solche Stromquellen fehlen, können das Wechselstromnetz oder Gleichstrom-Oberwellen in vielen Fällen mit Erfolg herangezogen werden. Das vom Prüfstrom stammende Wechselfeld kann dank guter Richtungsempfindlichkeit der Meßanordnung mit einer Genauigkeit bis zu  $1 \dots 2^\circ$  angepeilt werden.

An den Suchspulen wurde besonders lange gearbeitet, sie haben Kerne aus Transformatorblech und sind durch Mehrfachstecker über den Tiefenmeßkreis mit dem Verstärker verbunden. Beide Spulen liegen unten im Gerät, nahe dem Kabel; durch eine seitliche Klappe können sie herausgenommen werden. Die Spulen sind elektrostatisch abgeschirmt; infolgedessen und dank dem piezoelektrischen Hörer hohe Impedanz kann das Gerät auch bei sehr hoher Verstärkung stabil arbeiten.

Mit dieser Schaltung ermittelt man auch den Fehlerort. Bei Einstellung „Tiefe“ bringt man die um einige Dezimeter seitlich versetzten Suchspulen über die verdächtige Stelle. Der Erdschluß läßt den Ton im Hörer plötzlich anschwellen. Auch Erdschlüsse mit höherem Übergangswiderstand können noch durch den Phasenunterschied zwischen Erdstrom und dem meist kapazitivem Strom im Leiter gefunden werden. Dann wird nämlich die Tiefen-Nulleinstellung auffällig unscharf, sobald sich die Suchspulen zu beiden Seiten des Leiters befinden.

Der Verstärker enthält drei widerstandsgekoppelte Miniaturpentoden und einen Lautstärkeregler. Ein zweiter Schalter im Verstärker schaltet ein scharf abgestimmtes 1000 Hz-Filter ein, um Störgeräusche zu unterdrücken, zumal dann, wenn das Gerät nahe bei anderen Starkstromkabeln arbeitet. Man braucht dann natürlich auch eine Stromquelle für 1000 Hz. Gespeist wird der Verstärker von einer kombinierten Hoch- und Niederspannungsbatterie, deren Hochspannungsstrom zuverlässig unter 0,5 mA bleibt.

## Die neue Schiller-Station, ein vollständiges Quecksilberdampf-Kraftwerk

DK 621.311.22 : 621.181.67

Im Anschluß an einen Aufsatz von W. N. Oberly auf S. 15 des gleichen Heftes über die Thermodynamik des Quecksilberdampf-Wasserdampf-Kreisprozesses beschreibt H. N. Hackett<sup>1</sup> die neueste praktische Anwendung dieses Prinzips im großen. Das Schiller-Kraftwerk der „Public Service Company of New Hampshire“ wurde in Portsmouth errichtet und von vorneherein als Quecksilberdampf-Kraftwerk ausgelegt. Es besitzt 2 je 7,5 MW-Quecksilberdampfkessel, die wahlweise sowohl mit Öl als auch mit Kohlenstaub betrieben werden können, und 2 von ihnen gespeiste Quecksilberdampf-Turbosätze von ebenfalls je 7,5 MW. In den Kondensatoren der letzteren erzeugen die kondensierenden Quecksilberdämpfe so viel Wasserdampf, um einen nachgeschalteten normalen 25 MW-Wasserdampf-Turbogenerator zu betreiben. Die Gesamtleistung der 3 Maschinensätze beträgt somit 40 MW, wovon der Wasserdampf-Turbosatz

rd. 60% übernimmt. Die 3 parallel geschalteten Generatoren erzeugen Drehstrom von 13,8 kV und 60 Hz. Die Hilfsbetriebe werden, soweit es sich um Einheiten über 100 PS handelt, über Transformatoren mit 2,3 kV, die übrigen mit 460 V betrieben. Da die gesamte Anlage thermodynamisch sehr hochwertig ist, wird sie als Grundlastwerk gefahren. Der Wärmeverbrauch im zugeführten Brennstoff beträgt bei Verfeuerung von Öl nur 2320 kcal/kWh und bei Kohlenstaub nur 2374 kcal/kWh. Dies entspricht umgerechnet einem thermischen Gesamtwirkungsgrad von 37,07% und von 36,2%. Die Anlage ist seit Vollast seit Januar 1950 in Betrieb und arbeitet in allen Teilen einwandfrei. Das Bedienungspersonal, das vorher über keinerlei Erfahrungen mit Quecksilberdampfbetrieben verfügte, hat sich in erstaunlich kurzer Zeit mit der Anlage vertraut gemacht. Über die angewendeten Drücke und Temperaturen wird nichts näheres gesagt. Einige Hinweise finden sich aber in dem erwähnten Aufsatz von W. N. Oberly.

91

<sup>1</sup> Gen. Electr. Rev. 53 (1950) Nr. 3, S. 19; 4 S., 6 B.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.22 : 621.165 (73/79)

**Fortschritte im Bau von Dampfturbinen für Elektrizitätswerke in den USA.** [Nach E. E. Parker: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) Nr. 8, S. 29; 11 S., 22 B.]

Der schnell anwachsende Energiebedarf in den USA zwingt zugleich mit steigenden Brennstoffkosten zu beschleunigter Erweiterung von Dampfkraftwerken mit möglichst hohen thermischen Wirkungsgraden. Dies bedingte den Bau immer größerer Dampfturbinen mit höheren Drücken und Eintrittstemperaturen bis 1050 °F (566°C). Der großen Nachfrage nach Einheiten zwischen 11,5 MW und 60 MW wurde durch Typisierung begegnet, ohne damit die Weiterentwicklung irgendwie zu beeinträchtigen. Eine ausführliche Zusammenstellung der Turbinenlieferungen der GEC gibt für die einzelnen Jahre 1947...1950 ein Bild über das Ansteigen der Maschinengrößen, der Drücke und Temperaturen usw. So wurden z. B. im Jahr 1950 82,4% sämtlicher GEC-Turbinen mit  $n=3600$  und nur 15,7% mit  $n=1800$  gebaut. 98,2% waren Kondensationsturbinen, 1,8% entfielen auf andere Bauarten, z. B. Vorschaltmaschinen. 19,2% arbeiten mit Zwischenüberhitzung, und die Durchschnittsgröße der Aggregate stieg 1947/50 von 35,6 MW auf 53,1 MW. Da in jedem Jahr die Heißdampf-temperatur um rd. 12 °F (6,67 °C) höher gewählt werden konnte, wird für 1960 eine solche von 1150 °F (621 °C) erwartet. Während des Krieges wurden besonders Einwellen-Mehrgehäusebauarten mit 100 MW und  $n=3600$  entwickelt, da überall dort, wo die Netzverhältnisse derartig große Einheiten zulassen, eine 100 MW-Type wirtschaftlicher arbeitet als 2 oder mehrere kleinere Einheiten der gleichen Gesamtleistung. Eine solche 100 MW-Einheit erreicht im Bestpunkt bei 93 MW und einem Kondensatordruck von 38 Torr (0,0518 ata) einen Wärmeverbrauch von nur 2140 kcal/kWh. Außer Kondensationsturbinen mit 2flutigem Niederdruckteil wurden auch 3flutige als Einwellen-Maschinen ausgeführt. Für besonders kaltes Kühlwasser wurden große Einheiten mit  $n=1800$  sowohl als Ein- wie auch als Mehrgehäuseturbinen entwickelt. Schnittbilder von Maschinensätzen für 1800 U/min und 100 MW mit 1flutigem Ni-Teil und von 150 MW mit 2flutigem Ni-Teil zeigen den Aufbau derartiger Einheiten. Eine derselben leistet 165 MW bei 1250 psig (87,9 atü), 925 °F (496 °C) und 25,4 Torr (0,0345 ata).

Tafel 1. Kondensationsturbinen ohne Zwischenüberhitzung.

Gehäuse	Drehzahl min <sup>-1</sup>	Eintrittsdruck psig	Eintrittsdruck atü	Eintrittstemp. °F	Eintrittstemp. °C	max. Leistg. MW
1 flutig	3600	1350	94,9	1000	538	37,5
2 flutig	3600	1650	116,0	1000	538	111,0
3 flutig	3600	2000	140,6	1050	566	153,0
1 flutig	1800	1250	87,9	950	510	111,1
2 flutig	1800	1450	101,9	1000	538	170,0

Neuerdings wendet sich das Interesse wieder mehr der Zwischenüberhitzung zu, einerseits wegen der Brennstoffersparnisse, andererseits, weil man bis 1000 °F (538 °C) noch mit ferritischen Stahllegierungen auskommt, darüber hinaus aber teure nichtrostende austenitische Stähle verwenden muß. Durch die Zwischenüberhitzung kann eine Kondensationsturbine schon bei 1000 °F (538 °C) eine Wärmeersparnis von 4,5...5% erreichen; ohne Zwischenüberhitzung mußte sie bei gleicher Ersparnis für Eintrittstemperaturen von 1150...1200 °F (621...650 °C) gebaut werden. Ein weiterer Grund für die Anwendung der Zwischenüberhitzung liegt darin, daß man wegen geringerer Anlagekosten und leichterer Betriebsführung zu den bekannten Blockanordnungen überzugehen beginnt mit je 1 Turbine und je 1 ihr zugeordnetem Kessel, wobei sich die Zwischenüberhitzung verhältnismäßig leicht einordnen läßt. Zwischenüberhitzungs-

Tafel 2. Kondensationsturbinen mit Zwischenüberhitzung.

Eintrittsdruck psig	Eintrittsdruck atü	Eintrittstemp. °F	Eintrittstemp. °C	Zwischenüberh.-Temperatur		1949 %	1950 %
				°F	°C		
1350	140,6	1050	566	1000	538	100	33,8
1650	101,9	1000	538	1000	538	0	52,7
2000	87,9	950	510	950	510	0	13,5

turbinen werden als 50...125 MW-Typen ausgeführt; der prozentuale Anteil der 1949/50 gelieferten Einheiten für verschiedene Drücke und Temperaturen geht aus Tafel 2 hervor.

Der Aufsatz enthält zahlreiche interessante Konstruktionseinzelheiten und instruktive Schnittzeichnungen sowie gute Bilder und Diagramme nebst einer wertvollen Literaturübersicht am Schluß. Vo

DK 621.311.15

**Kraftwerksplanung im Hinblick auf Reserveleistung.** [Nach M. J. Steinberg: Electr. Engng. 69 (1950) S. 64; 4 S., 2 B.]

Trotz zahlreicher Ergänzungs-Kraftwerkbauten in den USA mit einer Gesamtleistung von 6700 MW betragen 1949 die verfügbaren Reserven nur 8% der Jahresspitze. Nach dem Bericht werden in den meisten Fällen rd. 15% als ausreichend angesehen, die aber erst Ende 1951 betriebsbereit sind. Äußerste Sparsamkeit in den Anlagekosten führte zur Planung von Blockanlagen mit nur je 1 Kessel und 1 ihm zugeordneten Turbosatz (wie beim RWE als 100 MW-Blockanlagen ebenfalls geplant). Trotz verhältnismäßig großer Betriebssicherheit auch bei Höchstdrücken erscheint aber die Frage genügender Reserve noch wichtiger als etwaige Ersparnisse. Daher wird folgender konkreter Fall rechnerisch untersucht: Zu einem bestehenden Netz soll eine Zusatzleistung von insgesamt 640 MW nach einer der folgenden Varianten 1...3 beschafft werden (Bild 1):

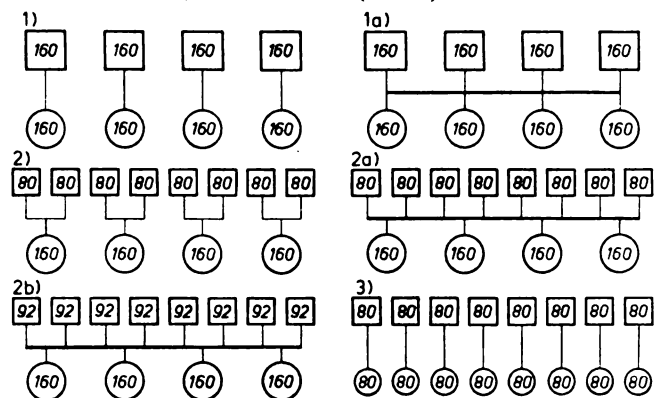


Bild 1. Varianten für ein Kraftwerk von insges. 640 MW (sämtliche Zahlen in MW).

Variante	Größe der Einheiten und ihre Schaltung
1	4 Einzelblocks je 1 Kessel 160 MW u. je 1 Turbosatz 160 MW
1a	4 Einzelblocks je 1 Kessel 160 MW u. je 1 Turbosatz 160 MW aber mit gemeinsamer Dampf-Sammelschiene
2	4 Einzelblocks je 2 Kessel 80 MW u. je 1 Turbosatz 160 MW
2a	8 Kessel je 80 MW, Dampfsammelschiene u. 4 Turbosätze 80 MW
2b	8 Kessel je 92 MW, Dampfsammelschiene u. 4 Turbosätze 80 MW
3	8 Einzelblocks je 1 Kessel 80 MW u. je 1 Turbosatz 80 MW

Dabei beträgt der Leistungsausfall bei Ausfall von

Variante	1 Kessel MW	1 Turbosatz MW	1 Kessel u. 1 nicht zugehöriger Turbosatz MW
1	160	160	320
1a	160	160	160
2	80	160	240
2a	80	160	160
2b	—	160	160
3	80	80	160

In den Berechnungen, die auch die Anlage- und Betriebskosten berücksichtigen, werden für unvorhergesehene Betriebsausfälle 3% oder 263 h/Jahr angesetzt. Ferner ist angenommen, daß jeder Turbosatz alle 4 Jahre 2 Monate und jeder Kessel in jedem Jahr 1 Monat lang überholt wird. Dies bedeutet z. B. bei Variante 1 in jedem Jahr einen 5 Monate langen Ausfall von 160 MW, dagegen bei Variante 2b nur einen Ausfall von 2 Monaten. Das heißt also, daß bei 2b 160 MW 3 Monate pro Jahr länger in Betrieb sein

können oder daß Variante 2b, auf das ganze Jahr bezogen, über 40 MW m e h r verfügt als Variante 1. Die Überholungen werden üblicherweise vom 15. Juni bis zum 15. September vorgenommen. Die prozentualen Mehranlagekosten der verschiedenen Varianten gegenüber Variante 1 sind die folgenden:

Angenommen \$/kW inst.	Prozentuale Mehranlagekosten gegenüber Variante 1 bei Variante						%
	1	1a	2	2a	2b	3	
150	0	2,5	2,3	4,4	11,3	4,9	%
200	0	2,6	2,6	4,7	12,0	5,7	%

Daraus wird geschlossen, daß die reine Blockanordnung der Variante 1 trotz ihrer niedrigsten Anlagekosten nicht immer die wirtschaftlichste Lösung darstellt, da u. a. auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen ist: Genügende Reservehaltung, Ausfälle durch Überholungszeiten, höhere Ausnutzung bei Grundlastwerken.

In den Vergleichsrechnungen wurde die Regenerativ-Speisewasser-Vorwärmung noch nicht berücksichtigt, mit der etwa 5% an Brennstoffwärme oder rd. 126 kcal/kWh erspart werden können. Ob bei der Anordnung mit Dampfsammelschiene angesichts der damit erzielbaren größeren Reserve auf den Vorteil des Regenerativverfahrens verzichtet werden kann, ist noch sorgfältig zu prüfen. Das Verfahren verteuert z. B. bei Variante 1 das installierte kW um rd. 6,20 US \$. Zur Zeit sind rd. 2500 MW Leistung in reiner Blockschaltung, d. h. ohne Dampfsammelschiene, dafür aber mit Regenerativ-Vorwärmung im Bau. Für sie treffen alle Hinweise bezgl. Variante 1 zu.

gt

DK 621.311.22 (42)

**Stourport „B“-Kraftwerk.** [Nach Electr. Tms. 117 (1950) S. 1025; 6 S., 9 B.]

Das neue Stourport „B“-Kraftwerk der Midlands Division liegt im südlichen England an der Einmündung des Stour-Flusses in den Severn (sw. Birmingham). Seine Leistung soll später 2·60 MW = 120 MW betragen. Die erste 60 MW-Einheit wird mit 88 ata/512 °C und die zweite mit rd. 105 ata/565 °C arbeiten. Der als erster Schmelzfeuerungs-Kessel Englands erbaute Dampfkessel 1 soll 238 t/h Dampf von rd. 90 ata/524 °C mit 4 Einblasemühlen (je 9 t Kohle/h) erzeugen, so daß immer 1 Mühle 4 Monate im Jahr in Reparatur oder Reserve stehen kann. Die Brennkammer besteht aus 2 Teilen: In der einen Abteilung fällt die Schlacke flüssig an und wird kontinuierlich in ein Wasserbad abgezogen, darin granuliert und anschließend fortgespült. In der anderen Abteilung der Brennkammer fällt die Asche, wie in Kohlenstaubfeuerungen üblich, ungeschmolzen an. Beide Brennkammerteile sind durch ungeschützte Rohre vollständig wassergekühlt und durch Querrohre, durch welche die Gase hindurchströmen, voneinander getrennt. Der Brennstoff wird durch die Brenner schräg von oben her nur in die erste Abteilung eingeblasen. Der hängende zweiteilige Überhitzer hat eine Gesamtheizfläche von rd. 1790 m<sup>2</sup> und der Ekonomiser eine solche von 2460 m<sup>2</sup>. Der Primärlufterhitzer ist mit horizontalen, gasumspülten Rohren mit einer Heizfläche von 1645 m<sup>2</sup> ausgeführt, während der Sekundärlufterhitzer senkrechte Rohre mit insgesamt 13 800 m<sup>2</sup> besitzt, die von den Rauchgasen durchströmt werden. 2 Paar Saugzüge werden mit drehzahlgeregelten Motoren angetrieben, um einen großen Lastbereich beherrschen zu können. Die elektrostatischen Staubabscheider, System Sturtevant, sind auf Terraihöhe aufgestellt. Als besonderes Merkmal ist erwähnt, daß eine Zusatzöfelfeuerung eine Dampfleistung von 27,5 t/h, d. h. rd. 11,5% der Normallast erzeugen kann. Der erste Turbogenerator mit  $n = 3000$  besitzt eine Einwellen-Dreizylinder-Turbine, die einen wasserstoffgekühlten 55,5 MW/11,8 kV-Hauptgenerator und einen mit gleichem Wellenmittel dahinterliegenden luftgekühlten (Haus-)Generator von 4,5 MW/3,3 kV für die Hilfsbetriebe antreibt. Beim Anfahren des Satzes oder in Störungsfällen kann auch Strom für die Hilfsbetriebe über einen 6 000 kVA-Trafo mit 3,3 kV entnommen werden. Angaben über den Wärmeverbrauch des Werkes in kcal/kWh sind in dem Aufsatz nicht enthalten.

Vo

DK 621.311.21 (47)

**Großwasserkräfte am Wolga-Knie.** — Die sowjetische Regierung hat den Bau eines Großkraftwerkes am Wolgaknie bei Kuibyschew (Samara) beschlossen, am größten Fluß Eu-

ropas mit einer Länge von 3500 km und einem Gefälle von 230 m, der meist durch Steppengebiet fließt. Nach den Plänen der Regierung soll die Wolga ausgenutzt werden für 1. die Bewässerung des Steppengebietes, 2. eine Großschiffahrtsstraße zwischen dem Schwarzen Meer, Weißen Meer und dem Kaspischen Meer, sowie 3. für die Stromerzeugung.

Durch Erhöhung des Staudammes in der Wolga von 23 auf 53 m wird eine riesige Anlage für Bodenbewässerung geschaffen. Der 20 km lange Staudamm wird die Wolga 600 km weit aufstauen. Das dadurch gewonnene Staubecken wird einer der größten Binnenseen der Welt sein und in den beiden Stautufen mit den Groß-Wasserkraftwerken Perewoloki und Schigulewsk Energie liefern. Die große Wolga-Schleife überbrückt ein Kanal, in welchen die beiden Kraftwerke eingebaut werden. Vermutlich wird dieser Kanal auch als Schifffahrtsweg mit einem Schiffshebewerk dienen.

Im Kraftwerk Perewoloki sollen 7 Kaplan-turbinen für je ein Nutzgefälle von 6 m mit den zugehörigen Generatoren (je 175 MW, zus. 1225 MW) aufgestellt werden. Das Kraftwerk ist mit zwei Doppelschleusen 290 m lang. — Im 435 m langen Kraftwerk bei Schigulewsk sind 10 Kaplan-turbinen mit einer Gesamtleistung von 1750 MW vorgesehen. Für beide Werke zusammen beträgt die Jahresleistung 18 Mia. kWh. Das erste der beiden Kraftwerke muß 1955 fertiggestellt sein. Beide sollen die Industrie von Moskau und die elektrischen Bahnen versorgen, sie werden die Leistung des bisher größten Kraftwerkes Dnjeprstoi um etwa das fünffache übertreffen.

Die Wolga soll von der Quelle bis zur Mündung in neun Gefällstufen ausgenutzt werden. Das oberste Wolga-Kraftwerk Tankowo (30 MW) und die Werke von Uglisch (110 MW) sind bereits seit 1937 in Betrieb, diejenigen von Rybnik (339 MW) und von Kuibyschew befinden sich im Bau.

C. Both

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.12 : 621.314.653

**Röhrenerregung von Generatoren.** [Nach A. H. Phillips, W. H. Lambert u. D. R. Pattison: Electr. Engng. 69 (1950) S. 518; 3 S., 3 B.]

Die Verfasser stellen auf Grund der Erfahrung, daß die Mehrzahl aller Ausfälle großer Turbo-Generatoren auf Störungen im Erregersystem zurückzuführen ist, eine Anzahl von Gründen zusammen, die alle auf Fehler an Kollektor und Bürsten zurückgehen, z. B.: Änderungen in der Bürstenstruktur und -zusammensetzung, selbst bei Bürsten gleicher Type und Herstellungsserie; Einfluß der betrieblichen Stromänderungen auf das Kommutatorverhalten; Ungleichmäßigkeiten im Kollektorkupfer, die zu hervortretenden Lamellen und unrunder Kollektoren führen; Änderungen in der Betriebsfeuchtigkeit; Einfluß von Verschmutzung und Verschmierung; Bandagenfehler, schließlich zusätzliche Fehler an den Schaltelementen im Erregerkreis oder an Erregersammelschienen.

Diesen Nachteilen der bisherigen Lösung werden die Vorteile einer Feldspeisung über Entladungsgefäße (Röhren) gegenübergestellt, nämlich: Einfacher Aufbau einer Wechselstromerregemaschine im Vergleich zu einer Gleichstromerregemaschine; Bewährung und Betriebssicherheit der vorgesehenen neuen Bauelemente der Erregerkreise, nämlich Wechsel- oder Drehstromgeneratoren und Ignitrons; Wegfall von Schaltern in den Feldleitungen mit ihren Störungsmöglichkeiten einschließlich derjenigen von Erregersammelschienen; Wegfall zusätzlicher Noterreganlagen.

Im Anschluß an diese Gegenüberstellung werden drei Ausführungen von Generatoren mit Röhrenerregung beschrieben. Bei der ersten sitzen auf der Generatorwelle als Haupterregemaschine ein Dreiphasengenerator mit gleichstromgespeister Feldwicklung und ein Dreiphasenhilfs-generator mit permanenten Magneten. Der letztere speist über Trockengleichrichter und fest eingestellte Widerstände das Erregerfeld der Haupterregemaschine, deren Dreiphasenspannung über einen Drehstromtransformator mit Sechsphasen-Sternschaltung und 6 Ignitrons gleichgerichtet und dem Feld der Hauptmaschine zugeführt wird. Je 2 in ihrer Brennzeit um 180° versetzte Ignitrons können anodenseitig durch einen gemeinsamen Anodenschalter abgetrennt werden. Bei der zweiten Schaltung ist nur eine Drehstromerregemaschine, jedoch mit sechsphasiger Ständerschaltung, vorgesehen. Die Ignitrons speisen einmal das Feld der Haupterregemaschine, außerdem aber über einstell- und schaltbare

Regelwiderstände das Feld der Haupterregemaschine. Zur Auferregung kann die Feldwicklung der letzteren wiederum aus einer Batterie gespeist werden. In der dritten Schaltung schließlich ist die gleiche Anordnung der Erregemaschine gewählt, diese jedoch auf 2 sechsphasige Gleichrichtersysteme geschaltet, und zwar einmal direkt auf einen aus Ignitrons bestehenden Gleichrichter zur Speisung der Erregerwicklung der Hauptmaschine, das andere Mal über einen Zwischentransformator auf einen aus Thyratrons bestehenden Hilfs-gleichrichter für das eigene Erregerfeld des Drehstrom-Erregergenerators. Auch in diesem Falle ist die Auferregung durch Feldspeisung aus einer Batterie vorgesehen.

Zum Schluß des Aufsatzes wird über verschiedenartige Erfahrungen an mehreren modernen Generatoren mit derartiger Ausrüstung berichtet. Die Betriebsergebnisse sind durchaus zufriedenstellend, auch wird eine Störung durch Undichtwerden eines Ignitrons beschrieben, die durch anodenseitiges Abtrennen zweier Gefäße und durch Austausch des defekten Rohres ohne Außerbetriebsetzung des Maschinensatzes behoben werden konnte. Anscheinend wurde der Ignitrongleichrichter während dieser Zeit unsymmetrisch zweiphasig ohne Anstände betrieben. Mo

DK 621.313.322.072.6 : 621.825

**Die Frequenzstabilisierung von Wechselstromgeneratoren bei schwankender Antriebsdrehzahl.** [Nach G. G. Gould u. E. Krupotich: Electr. Engng. 69 (1950) S. 522; 1 S., 1 B.]

Die Aufgabe, die Frequenz einer 200 W-Wechselstrommaschine auf 1% genau konstant zu halten, auch wenn die Drehzahl des Antriebs im Verhältnis 1:1,8 schwankt, haben die Verfasser durch Zwischenschaltung einer fliehkraftgesteuerten Reibungskupplung gelöst. In der einen der beiden beschriebenen Konstruktionen wird das Drehmoment von einer trommelförmig gestalteten, treibenden Kupplungshälfte auf polschuhförmig ausgebildete Reibschuhe übertragen, die radial beweglich in der die Trommel umgebenden anderen Kupplungshälfte angeordnet sind und durch Federn gegen die Trommel gepreßt werden. Die Drehzahl wird durch die der Federkraft entgegenwirkende Fliehkraft der Reibschuhe stabilisiert.

Eine andere von den Verfassern entwickelte Konstruktion benutzt eine elektromagnetische Flüssigkeitskupplung. Der Erregerstrom für die Kupplung wird über einen Gleichrichter der Wechselstrommaschine entnommen und durch einen Fliehkraftschalter periodisch unterbrochen. Der Unterschied in der Frequenz zwischen Vollast und Leerlauf der Wechselstrommaschine beträgt bei der Flüssigkeitskupplung 0,5%, bei der Kupplung mit trockener Reibung 1,2%. Es wird noch darauf hingewiesen, daß die beiden Kupplungen auch als Spannungsregler für Gleichstrommaschinen mit gutem Erfolg verwendet worden sind.

Auf dem für die Lösung einer Sonderaufgabe hier eingeschlagenen Weg wird von der Schlupfregelung erhebliche Leistung in der Kupplung vernichtet. Er ist also nur für kleine Maschinen vertretbar und auch da nur, wenn der Wirkungsgrad keine Rolle spielt. Ein Nachteil der Kupplung mit trockener Reibung, nämlich der Verschleiß der Reibschuhe, die nach 20 Betriebsstunden ersetzt werden müssen, wird bei der Flüssigkeitskupplung vermieden, aber auch sie erfordert eine periodische Pflege. Insbesondere scheint die Abdichtung der Kupplung gegen Austreten der magnetischen Flüssigkeit nach wie vor schwierig zu sein. Hc

DK 621.316.935.2 : 621.313.333

**Luftdrosselspulen zur Fehlerbegrenzung in Motorstromkreisen.** [Nach J. D. Leitch: Electr. Engng. 69 (1950) S. 329; 5 S., 5 B.]

Die Arbeit behandelt die Anwendung und Auslegung der Luftdrosselspulen zur Begrenzung des Kurzschlußstromes für den speziellen Fall von Motorabzweigen. Unter Hinweis auf andere Verfahren, z. B. den Motorschalter schaltleistungsmäßig für 10fachen Nennstrom auszulegen und dabei den Kurzschlußschutz notfalls einem übergeordneten Leistungsschalter zu überlassen, ferner Motorschalter mit Hochleistungsicherungen zu kombinieren, empfiehlt der Verfasser als bessere Lösung die Anwendung von vorgeschalteten Drosselspulen, und zwar keine Gruppen-, sondern Einzeldrosselspulen für jeden Abzweig.

Im Interesse der Vereinfachung der Berechnung, der Herstellung und der Lagerhaltung derartiger Spulen wird weiter vorgeschlagen, diese so auszulegen, daß sie in der Lage sind, im Anschluß an ein unendlich ergiebiges Speise-

netz die durchgelassene Leistung auf 25 MVA (Dauerkurzschlußleistung) zu begrenzen und den zugeordneten Motorschalter für 50 MVA Abschaltleistung auszulegen, um auch den Gleichstromanteil des Stoßkurzschlußstromes zu berücksichtigen. Nach den Untersuchungen des Verfassers sind derartige Drosselspulen für 2,3 und 4,6 kV bei 60 Hz bis zu 600 PS Motorleistung, bei 25 Hz bis zu 300 PS (genauer: 250 PS, d. Ref.) wirtschaftlich. Auch in Anbetracht des durch die vorgeschaltete Drosselspule verminderten Anlaufdrehmomentes ist die Anwendung auf Motoren bis zu 600 PS Leistung beschränkt. Lr

**Stromrichter**

DK 621.314.69.027.3

**Zur Bemessung von Hochspannungsgleichrichtern mit Pufferkondensatoren.** — Zwei in letzter Zeit erschienene Arbeiten [1, 2] sollen genauere Bemessungsunterlagen für leistungsstarke Hochspannungsgleichrichter in Pufferkondensatorschaltung bringen. Während man für einen ersten Überblick die Größe der Pufferkondensatoren als unendlich ansehen kann und nur die Wirkwiderstände in der Schaltung zu berücksichtigen braucht [3], müssen bei genauerer Berechnung eines leistungsstarken Gleichrichters die induktiven Widerstände im Ladekreis der Kondensatoren berücksichtigt werden. Dieser genauere Berechnungsweg wird in beiden Arbeiten an einfacheren Schaltungsanordnungen — wie z. B. der einphasigen Einwegschaltung (Hullschen Schaltung) — demonstriert und anschließend die Anwendung auf kompliziertere Schaltungen behandelt. Dabei werden einige vereinfachende Voraussetzungen gebraucht, um leicht auswertbare, allgemein verwendbare Bemessungsgleichungen zu erhalten, denn eine exakte Berechnung führt zu komplizierten trigonometrischen Beziehungen [4, 5], die nur von Fall zu Fall zahlenmäßig gelöst werden können. Eine dieser Voraussetzungen ist bei beiden Arbeiten die, daß die Ventilstrom-Kurvenform eine Sinushalbwellen mit der Ventilbrenndauer  $\gamma$  als Basis darstellt (siehe z. B. [6], Kurvenform c in Bild 1). Beim Kondensatorladevorgang ist also eine Halbwellen der treibenden Wechselspannung mit der Netzfrequenz  $f$  eine Wirkstromhalbwellen der höheren Frequenz  $f \cdot 180^\circ/\gamma$  zugeordnet.

Diese Sachlage wird bei der Arbeit [1] dahingehend ausgelegt, daß die Streuspannung des speisenden Hochspannungstransformators (der maßgebende induktive Widerstand im Kondensatorladekreis) bei dieser Betriebsart gewissermaßen im Verhältnis  $180^\circ/\gamma$  ansteigt gegenüber der Blindkomponente der für Netzfrequenz angegebenen Nennkurzschlußspannung. Der so umgerechnete induktive Zusatzwiderstand im Ladekreis wird wie ein Wirkwiderstand zu den übrigen Widerständen des Ladekreises addiert gedacht. Die Kapazität des Pufferkondensators wird vorerst unendlich gesetzt und erst im späteren Verlauf der Berechnung wird der tatsächlich erforderliche endliche Kapazitätswert ermittelt.

Der in der Arbeit [2] gebotene Berechnungsweg berücksichtigt von vornherein die endliche Kondensatorgröße; auch tritt der induktive Charakter der Transformatorstreuung ohne einschränkende Annahme beim Rechnungsgang in Erscheinung.

Beide Arbeiten bieten Formeln und Diagramme, die sich bei der praktischen Benutzung unschwer zahlenmäßig auswerten lassen und einen guten Überblick gestatten. Eine nähere Skizzierung der beiden Wege ist hier aus Platzgründen nicht möglich; es muß auf die Originalarbeiten verwiesen werden. Es sei nur vermerkt, daß gemäß Arbeit [2] für alle Pufferkondensatorschaltungen die charakteristische Gleichung

$$\left(\frac{1}{s}\right)^2 = \left(\frac{w - \sigma/2}{\sin \gamma/2}\right)^2 + \left(\frac{1 - \sigma/2}{\cos \gamma/2}\right)^2$$

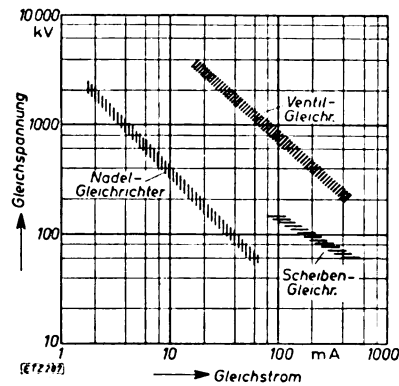


Bild 2. Anwendungsbereiche der vorzugsweise verwendeten Ventiltypen bei Hochspannungsgleichrichtern.



besteht, in der  $\zeta$  ein Maß für das Amplitudenverhältnis Gleichspannung zu Wechselspannung ist,  $w$  die prozentuale Gleichspannungswelligkeit ausdrückt (und damit den Zusammenhang zwischen Kondensatorgröße und Größe des gleichstromseitigen Belastungswiderstandes angibt),  $\sigma$  eine Abhängigkeit zwischen Gleichspannungshöhe, Scheitelwert des Kondensator-Ladestromstoßes und Induktivität des Ladekreises beschreibt und  $\gamma$  die Ventilbrenndauer darstellt. Da beide Arbeiten keine übermäßige Berechnungsgenauigkeit anstreben, sondern auf die Bedürfnisse des praktisch tätigen Ingenieurs abgestellt sind, kann hier auf ein Abwägen der nach den beiden Methoden erzielbaren Genauigkeit verzichtet werden.

Neben den bisher behandelten Berechnungsfragen bringt die Arbeit [1] noch ähnliche Bemessungsunterlagen für Hochspannungsgleichrichter ohne Pufferkondensatoren und befaßt sich auch mit dem betrieblichen Verhalten von Hochspannungsgleichrichtern. Über den Verwendungsbereich verschiedener Ventilstreckentypen soll das in Bild 2 wieder-gegebene Schaubild Auskunft geben.

Die Arbeit [2] bringt zusätzlich noch eine kurze Gegenüberstellung der charakteristischen Eigenschaften des Gleichrichters mit Pufferkondensator und des Gleichrichters mit Pufferdrossel sowie eine knappe Übersicht über die bislang durchgeführten theoretischen Untersuchungen der Gleichrichter mit Pufferkondensatoren.

#### Schrifttum

- [1] R. Brey: Über die Bemessung und das Verhalten von Hochspannungsgleichrichtern. *Elektrotechn., Bln.*, 4 (1950) S. 99.
- [2] H. Verse: Charakterisierung und einheitliche Berechnungsunterlagen der Gleichrichter mit Pufferkondensatoren. *Bull. schweiz. elektrotechn. Ver.* 40 (1949) S. 818.
- [3] H. Verse: Kurze Einführung in die Theorie der Gleichrichter mit Pufferkondensatoren. *ETZ* 69 (1948) S. 11.
- [4] M. Brenzinger: Innere Vorgänge in Ventil-Kondensator-Schaltungen. *Arch. Elektrotechn.* 26 (1932) S. 99.
- [5] H. Verse: Vergleichende Betrachtung der Greinacherschaltung und der Villardschaltung mit Gleichspannungszusatz. *Fortschr. Röntgenstr.* 69 (1944) S. 221.
- [6] H. Verse: Kurvenformabhängige Umrechnungszahlen für Stromrichter-Ventilströme. *ETZ* 71 (1950) S. 545.

Ve

#### Leitungen

DK 621.315.62 : 620.178.38

**Thermische Untersuchungen an Isolatoren großer Abmessungen.** [Nach P. Schuepp u. L. Gion: *Rev. gén. Electr.* 58 (1949) S. 398; 4 S., 11 B.]

Eine der wichtigsten Prüfungen keramischer Isolatoren ist die Temperatursturzprüfung. Für den Hersteller liegt ihre Bedeutung in der Möglichkeit, gefährliche mechanische Spannungen auszulösen und unbrauchbare Stücke auszuscheiden, für den Verbraucher stellt sie eine Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturstürze im Betrieb dar, deren Höhe um der Sicherheit willen übertrieben wird. Der bei Prüfungen übliche Sicherheitskoeffizient wird allgemein durch Rechnung oder Versuch festgelegt. Im vorliegenden Falle ist bisher dergleichen nicht geschehen. Die Versuche der Verfasser erstrecken sich auf Großstücke und anscheinend einen Hängeisolator von 254 mm Tellerdmr. (Type CT 254 der Cie. Gén. d'Électrocéramique). Als Großstücke wurden ein Leerporzellan einer mit 8 Schirmen ausgestatteten zylindrischen Porzellandurchführung von 1080 mm Länge und ein keramischer Porzellanüberwurf von 2000 mm Höhe mit 16 Schirmen gewählt. Der Überwurf wurde mit Öl gefüllt und das Öl erwärmt. Die Versuche fanden bei geringer Höhe über dem Meeresspiegel in Bagnères-de-Bigorre und auf dem Gipfel des Pic du Midi in 2865 m Höhe statt. Sie liefen zunächst vom 1. 11. 1947 bis 1. 11. 1948. Da aber in diesem Zeitraum die meteorologischen Verhältnisse sich kaum von den Mittelwerten über eine große Reihe von Jahren unterschieden, erhoffte man durch Verlängerung bis zum Sommer 1949 ausgefallene Verhältnisse zu erfassen. Die Versuchsstücke waren bis auf den ölgefüllten Überwurf, der nur in Bagnères-de-Bigorre eingesetzt wurde, die gleichen. Registrierende Temperaturmeßeinrichtungen an den Innen- und Außenoberflächen der Versuchsstücke, registrierende meteorologische Instrumente zur Aufzeichnung von Sonneneinstrahlung, Regenstärke, Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperatur wurden eingebaut. Über die Glasurfarbe ist nichts gesagt. Es wird sich aber um braunglasierte Stücke gehandelt haben. Insgesamt wurden im Laufe eines Jahres 30 Beobachtungen, jede über die gesamte Tageszeit (ohne Nacht), registriert und zwar anscheinend immer an glei-

chen Tagen an beiden Versuchsorten. Dabei wurden Temperaturdifferenzen zwischen der Oberflächentemperatur des Leerporzellans und der Lufttemperatur bis zu 50 °C festgestellt. Bei dem mit warmem Öl von etwa 60 °C gefüllten Überwurf lagen die Temperaturen des Porzellankörpers innen und außen an einem Abend (1. 8. 1948) wesentlich unter der des Öls, als durch Gewitter sich die Lufttemperatur innerhalb einer reichlichen Stunde um etwa 12 °C abgekühlt hatte. Gleichzeitig stürzte die Temperatur an der Außenwand des Überwurfs um 20 °C innerhalb einer knappen halben Stunde, dem ein Sturz um etwa 12 °C in der gleichen Zeit an der Innenseite des Porzellanüberwurfs, also an der Berührungsstelle mit dem warmen Öl entsprach. Solche Temperaturstürze als Folge von Gewittern wurden etwa 50mal in einem Jahr beobachtet. Die Verfasser betrachten als wichtiges Kriterium den Quotienten „Temperaturdifferenz durch Zeit“ ( $\Delta\theta/\Delta t$ ) und finden Änderungen von 60...100 °C/h. Die bei dem Isolator CT 254 versuchsmäßig festgelegten Werte  $\Delta\theta/\Delta t$  liegen um ein Vielfaches höher als sie in der Natur unter den schwersten Bedingungen festgestellt werden konnten. Schon ein Temperatursturz von 36 °C auf 16 °C durch Eintauchen der Isolatoren in Wasserbäder von diesen Temperaturen ergibt einen 40mal so großen Wert von  $\Delta\theta/\Delta t$ . (Der Grund dürfte besonders darin liegen, daß ja die Wärme durch Konvektion abgeführt wird und der Wärmeübergangskoeffizient unter den natürlichen Verhältnissen viel kleiner ist als bei vollständigem Eintauchen des Isolators und damit vollkommener Abkühlungsmöglichkeit! D. Ber.) Die Verfasser kommen zu dem Schluß, daß die mechanischen Eigenschaften von keramischem Material, das zu schroffen Temperatursturzversuchen unterworfen worden ist, leiden. Ferner ist der Einfluß der Formgebung der Isolatoren so groß, daß man für jede Form die Differenz der Bädertemperaturen festlegen müsse. Vorgeschlagen wird, daß Erzeuger und Verbraucher sich wegen der Festlegung neuer Bedingungen baldigst zusammensetzen. HM

DK 621.315.66

**Gründung von Leitungsmasten.** [Nach Travaux de la commission d'étude des fondations de pylones de la société intercommunale Belge d'électricité. Ausgabe 2 (1950). Hrsg. Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture. Mit 188 S., 146 B., Format 17X24 cm.]

Das Buch enthält Berichte über die Arbeiten einer Kommission, die sich die Aufgabe stellte, die Fundierung von Freileitungsmasten nicht nur rechnerisch, sondern auch wirtschaftlich zu erfassen. Die Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Die vorliegenden Berichte beziehen sich auf theoretische Entwicklungen eines Berechnungsverfahrens und auf Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen mit Fundamenten in kleinerem Maßstab, die bis Ende 1948 durchgeführt wurden. Da trockener Sandboden klarere Voraussetzungen für die Entwicklung eines Berechnungsverfahrens gibt als Böden mit mehr oder weniger Kohäsion, wurden die Laboratoriumsversuche zunächst nur mit trockenem Sandboden — sol pulvérulent, dénué de cohésion — durchgeführt, hernach ein Berechnungsverfahren aufgestellt und auf bindige Böden — sols naturels cohérents — erweitert. Auch mit bindigen Böden sind Laboratoriumsversuche vorgesehen. Auf Grund der bisherigen Ergebnisse wurden bereits die Fundamente für eine projektierte Leitungsstrecke auf Sandboden berechnet. Auch wurden schon Versuche mit Masten und Fundamenten in wirklicher Größe in bindigen Böden durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß der Bodenwiderstand letzterer Bodenarten etwa doppelt so groß ist wie der Widerstand von trockenem Sandboden.

Die theoretischen Entwicklungen beziehen sich auf die Erfassung des Bodenwiderstandes unter der Fundamentsohle und auf die Ermittlung des Widerstandes des seitlichen Erdreichs, und zwar unter dem Einfluß von senkrecht wirkenden Belastungen bzw. von Verdrehungskräften, wobei die Einflüsse von exzentrisch angreifenden senkrechten Belastungen und von Drehmomenten — herrührend von horizontalen Kräften am Mast — rechnerisch gleichartig erfaßt werden. Dabei wird für beide Belastungsarten eine gewisse Nachgiebigkeit des Bodens vorausgesetzt, die in gleichem Maße begrenzt werden kann wie die Inanspruchnahme der Festigkeit von Baustoffen: Rücksicht auf ihre elastischen Eigenschaften. Das Berechnungsverfahren ist also auf ähnliche Voraussetzungen aufgebaut wie das des Schweizer Elektrotechnischen Vereins<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Bull. schweiz. elektrotechn. Ver.* 15 (1924) S. 185...210.



im Gegensatz zu allen bisher bekannt gewordenen deutschen Verfahren. Als Maßstab für den Widerstand des Bodens gelten Pressungen mit der Dimension  $\text{kg/cm}^2$ , durch welche nicht nur die zulässigen Belastungen, sondern auch die Nachgiebigkeit des Bodens begrenzt werden, abweichend von der in Deutschland üblichen Bemessung des Bodenwiderstandes nach einer zulässigen Beanspruchung mit der Dimension  $\text{kg/cm}^2$ .

Die Kommission führte unter Auswertung der Theorien von Navier-Bernoulli, Bélanger, Lamé, Mohr und Coulomb annähernd 1000 Laboratoriumsversuche durch, um den Bodenwiderstand gegenüber senkrecht und waagrecht wirkenden Belastungen festzustellen. Es wurden quadratische, rechteckige, runde und unregelmäßig gestaltete Platten zentrisch und exzentrisch belastet und der Bodenwiderstand ermittelt, wenn die Platten in der Oberfläche des Erdreichs und auch tiefer lagen.

Für Platten, die in die Oberfläche der Erde gelegt und quadratisch mit einer Seitenlänge  $a$  oder rund mit einem Durchmesser  $a$  gestaltet waren, ergab sich für die Grenzbelastung ohne Sicherheitsfaktor die Beziehung  $N_r = K \cdot a^3$ . Die Belastung ist also proportional der 3. Potenz von  $a$ . Der Faktor  $K$  wurde aus Diagrammen ermittelt zu  $K = 0,1275 \text{ kg/cm}^3$  für quadratische Platten und  $K = 0,1125 \text{ kg/cm}^3$  für runde Platten. Er ändert sich mit dem spez. Gewicht und dem Böschungswinkel des Erdreichs, so daß die beiden genannten Faktoren nur für den verwendeten trockenen Sand mit einem Raumgewicht von  $1500 \text{ kg/m}^3$  gelten.

Entsprechend wurden Formeln entwickelt, die den Bodenwiderstand gegenüber angreifenden Momenten angeben und gleichzeitig den Widerstand gegenüber senkrechten Belastungen einschließen. Für die Berechnung von Blockfundamenten lautet die Formel:

$$\frac{M_r}{a^3} = K_1' + K_2 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)^3$$

Es bedeuten:

$M_r$  Umsturzmoment ohne Sicherheitsfaktor.

$K_1$  u.  $K_2$  Faktoren in Abhängigkeit von  $N_r/a^3$ .

$a$  Querschnittsabmessung des Fundamentes.

$h$  Eingrabtiefe des Fundamentes.

Werden in einem Koordinatensystem auf der Abzissenachse die Werte  $(h/a)^3$  aufgetragen, wobei  $a$  eine feste und  $h$  eine variable Größe ist, so lassen sich für diese Werte Kurven für die Werte  $N_r/a^3$  zeichnen. Zu jedem Punkt dieser Kurven gehört andererseits ein bestimmter Wert  $M_r/a^3$ , der auf der Ordinatenachse eingetragen und dort zu finden ist. Durch Multiplikation dieses Wertes mit  $a^3$  ergibt sich das Umsturzmoment  $M_r$ , welches nach den belgischen Vorschriften einer mindestens  $s = 1,25$ fachen Sicherheit gegenüber dem aus den äußeren Belastungen sich ergebenden Angriffsmoment  $M_{r, \text{eff}}$  entsprechen muß.

Bei der Verwertung der Formeln und Kurven ist trockener Sandboden mit dem Raumgewicht  $1500 \text{ kg/m}^3$  und einem Böschungswinkel  $33^\circ 40'$  Voraussetzung.

Die wirtschaftlichen Ermittlungen beziehen sich auf

a) flachgegründete Stufenfundamente: Fundamentplatte  $430/430 \text{ cm}$ —Fondation-dalle—Fundamentsockel  $220/220 \text{ cm}$ , Eingrabtiefe des Fundamentes =  $77 \text{ cm}$ .

b) Blockfundamente mit vollem Betonkern,  $220/220 \text{ cm}$ . Fondation-bloc non évidée. Eingrabungstiefe =  $175 \text{ cm}$ .

c) Blockfundamente mit Aussparung  $140/140 \text{ cm}$  und Erdkern =  $220/220 \text{ cm}$ . Fondation-bloc évidée. Eingrabungstiefe =  $180 \text{ cm}$ .

Kostenvergleich: Fondation-dalle  $18\,900 \text{ bfrs.}$ , Fondation-bloc non évidée  $17\,655 \text{ bfrs.}$ , Fondation-bloc évidée  $12\,650 \text{ bfrs.}$  Betonpreis  $1550 \text{ bfrs./m}^3$ .

O. Stötzner

## Meß- und Regeltechnik

DK 621.317.32.027.21

**Annähernd verlustlose Messung sehr kleiner Gleichspannungen.** [Nach H. H. Rust: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 290; 3 S., 6 B.]

Rust beschreibt ein Verfahren zur Messung von Gleichspannungen, bei dem die zu messende Spannung zur elektrischen Polarisierung eines Kondensatormikrophons dient. Wird das Mikrophon mit konstanter Frequenz und Ampli-

tude beschallt, so entsteht eine der Polarisierungsspannung proportionale Wechsellspannung. Die auf diese Weise in Wechsellspannung umgeformte Gleichspannung wird dem Eingang eines Röhrenverstärkers zugeführt und am Ausgang gemessen. Das Verfahren weist die verschiedenen Vorteile des von Rust und Endesfelder<sup>1</sup> angegebenen Verfahrens auf, das sich eines Kohlemikrophons als akustisch-elektrischer Wandler bedient, ohne jedoch die hohe Spannungsempfindlichkeit zu besitzen. Dafür bietet es den Vorzug eines sehr hohen Eingangswiderstandes, so daß praktisch verlustlos gemessen werden kann. Die kleinste meßbare Spannung liegt bei Verwendung eines aperiodischen Verstärkers bei  $10^{-2} \text{ V}$ ; bei Benutzung eines selektiven Verstärkers läßt sich die Spannungsempfindlichkeit erheblich steigern. Besonders hervorzuheben ist, daß sehr kleine Einstellzeiten realisiert werden können, falls dafür gesorgt wird, daß das Voltmeter am Ausgang des Verstärkers genügend trägheitsfrei arbeitet, wie z. B. eine Kathodenstrahlröhre. Weiter ist von Vorteil, daß pulsierende Gleichspannungen erfaßt werden können, deren Pulsationsfrequenz sich beliebig zwischen Null und einem Wert unterhalb der Betriebsfrequenz der Meßeinrichtung ändern kann.

Vb

DK 621.394.64 : 621.316.74

**Ein Gleichspannungsverstärker als Kraftverstärker und Temperaturregler.** [Nach W. Jellinghaus: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 254; 8 S., 13 B.]

Es wird ein stufenlos arbeitender, selbsttätiger Temperaturregler mit geringer Trägheit und ohne mechanisch bewegte Teile beschrieben und an einem guten Prinzipschaltbild die Kombination von zwei Magnetverstärkern (nach W. Geysger) und einem Röhrenverstärker eingehend erläutert. Der erreichte Verstärkungsfaktor (Leistung) liegt in der Größenordnung  $10^7$ . Die Kombination der beiden Verstärkerarten ermöglicht die Verstärkung kleiner Gleichspannungen von  $1 \text{ mV}$  ohne hohen Aufwand für die Konstanthaltung der Hilfsspannung. — Über die Bemessung der Bauteile der Magnetverstärker und Spannungswandler und ihre Werkstoffe sind genaue Angaben in einer Tabelle zusammengestellt und die verschiedenen Verstärkerkennlinien in mehreren Diagrammen gezeigt. — Im letzten Abschnitt wird die Anwendung des Gerätes für Aufgaben der Regeltechnik am Beispiel des elektrisch beheizten, frei strahlenden Drahtes besprochen. Stromaufnahme, Stromangebot und Strombedarf sind in drei Diagrammen gezeigt. Die Wiedergabe von Registrierstreifen gibt Aufschluß über den zeitlichen Verlauf von Thermospannung, Spannungsabfall u. a. m. am Meßdraht. Der Regelvorgang setzt sofort ein, die längste angegebene Einstellzeit des Regelvorgangs beträgt  $34 \text{ s}$ . In Verbindung mit einem Fahrplangerät zur Steuerung der Kompensationsspannung wird der Apparat auch als Programregler nützliche Dienste leisten.

Pm

DK 621.318.42 : 621.394.64 : 621.316.7

**Anwendung magnetischer Verstärker.** [Nach F. N. McCure: Electr. Engng. 69 (1950) S. 538; 6 S., 14 B.]

Moderne magnetische Leistungsverstärker stehen in der Industrie im Wettbewerb mit den elektronischen Reglern, sind aber da überlegen, wo Wartungsfreiheit und unbegrenzte Lebensdauer verlangt werden. Beispiele für den Einsatz magnetischer Verstärker werden an Hand von Schaltbildern beschrieben: Fremderregte Meßwandler für Gleichströme von  $1000$  bis  $100\,000 \text{ A}$  sind gegenüber dem Shunt des hochspannungsfreien Anschlusses eines Meßinstrumentes vorteilhaft. Beim selbsttätigen Batteriedauerlader liegt der Verstärker zwischen Wechsellspannungsquelle und Gleichrichter und läßt einen Ladestrom zu, sobald die Batteriezellenspannung unter den Normalwert sinkt. Bei der Gleichstrom-Motorregelung im Anschluß an ein Wechselstromnetz erzeugt die Differenz von Motorspannung und Vergleichsspannung den Steuergleichstrom des Verstärkers, wobei zur Erzielung lastunabhängiger Drehzahl die Vergleichsspannung durch eine stromabhängige Spannung ergänzt wird. In der Arbeit werden auch Schaltungen zur Regelung in der Papier-, Textil-, Gummi- und Stahlindustrie für die Haspelmotoren und zur Spannungsregelung für Drehstromgeneratoren angegeben.

Schg

<sup>1</sup> Rust u. Endesfelder: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 39.

## Lichttechnik

DK 621.326 (091)

**Jubiläen der Lichttechnik.** — Vor 50 Jahren, am 23. Januar 1901, führte eines der Stammwerke der OSRAM-Gesellschaft, die Deutsche Gasglühlicht-(Auer)-Gesellschaft in Berlin die erste Osmium-Lampe vor<sup>1</sup>. Sie war von dem Chemiker Dr. Carl Freiherr Auer von Welsbach konstruiert worden. Auer war bereits seit 1892 durch die Erfindung des Gasglühlichts weltbekannt. Sein mit Thoroxyd und Ceroyd in einem Mischungsverhältnis 99:1 getränkter „Glühstrumpf“ schien das Mittel zu sein, die alte Vorherrschaft der Gasbeleuchtung über die elektrische Beleuchtung endgültig zu sichern. Die neuen Gasglühlichtlampen übertrafen an Wirtschaftlichkeit bei weitem die damals noch gebräuchlichen Kohlenfadenlampen.

Wie war es zu verstehen, daß dieser Pionier des Gaslichts seiner eigenen Großtat eine derartige Konkurrenz machen konnte? Er berichtet selbst darüber: „Teils persönliche Beweggründe, teils aber auch sachliche Einflüsse veranlaßten mich, diesem Rollentausch nicht gleichgültig gegenüberzustehen. Von Jugend auf mit Versuchen über das elektrische Licht beschäftigt, hatte ich dieses Arbeitsgebiet lieb gewonnen, und so beschloß ich denn zu versuchen, auch dem elektrischen Licht zu Hilfe zu kommen“. Ursprünglich hatte er die Absicht, die von ihm erforschten und für den Glühstrumpf benutzten hitzebeständigen Metalloxyde auch zur Verbesserung des elektrischen Glühlampenlichts zu verwenden, seine Arbeiten hatten aber keinen Erfolg. Daraufhin wandte er sich, wie schon viele andere Wissenschaftler vor ihm, den schwer schmelzbaren Metallen zu. Ein leidiger Umstand führte dazu, dabei das Wolfram außer acht zu lassen. 1894 begann er Versuche mit dem überaus seltenen Osmium, dessen Schmelzpunkt bei 2500 °C liegt. Auf dem üblichen Wege ließen sich daraus keine Drähte ziehen, deshalb entwickelte er ein neues Verfahren. Feines Osmiumpulver wurde mit organischen Bindemitteln zu einer Paste bereitet. Diese preßte er unter hohem Druck durch feine Edelsteindüsen. Die so entstandenen Fäden wurden verschiedenen Glühprozessen unterworfen, wodurch das Bindemittel völlig verdampfte und ein reiner Metallfaden zurückblieb. Dieses 1897 patentierte Verfahren wurde ein Jahr später von der Auer-Gesellschaft übernommen, die 1901 die Serienfabrikation der Osmium-Lampen aufnehmen konnte. Die Leistungsaufnahme der Lampen betrug bei gleicher Lichtleistung weniger als die Hälfte gegenüber Kohlenfadenlampen. Allerdings mußte man sich zunächst mit Typen für nur 40 V begnügen, die bei höheren Netzspannungen hintereinander geschaltet wurden. Das lag an der zu großen Stärke der Leuchtfäden, die nicht unter 1/10 mm Dmr. hergestellt werden konnten. Die erst später gebauten Typen für 110 V enthielten allein fünf miteinander verbundene Leuchtfäden! Ein weiterer Nachteil war die große Empfindlichkeit der Lampen gegen Erschütterungen. Trotz allem hat diese Erfindung der Glühlampentechnik außerordentliche Impulse gegeben und eine neue Epoche eingeleitet.

Das zweite bedeutende Ereignis im gleichen Jahr war das Erscheinen der von der AEG konstruierten Nernst-Lampe. Prof. Nernst hatte bereits 1897 sich den Gedanken der Verwendung von Oxyden der seltenen Erden, die beim Gaslicht so erfolgreich waren, für Leuchtkörper elektrischer Lampen schützen lassen. Was von Auer seinerzeit ohne Erfolg aufgegeben worden war, hatte Nernst gelöst: die Ausnutzung von Yttriumoxyd und Zirkonoxyd für die elektrische Lampe. Er hatte den Beweis erbracht, daß diese Stoffe, deren Schmelzpunkt weit über 2000 °C liegt und die auch in der Luft äußerst hitzebeständig bleiben, ja sogar nur an Luft brennen durften, sich hervorragend zur Herstellung von Leuchtkörpern eignen; sie hatten nur den Nachteil, erst bei Temperaturen von 600 ... 800 °C genügend stromleitend zu werden, so daß man die ersten Nernstlampen noch mit einer Zündholzflamme vorwärmen oder „anstecken“ mußte. Die AEG hatte die Herstellerpatente erworben und schuf eine elektrische Zündapparatur, bestehend aus einem Elektromagneten, einem Vorschaltwiderstand und einer Heizspule. Nernstlampen wurden mit Lichtstärken von 16 ... 250 Kerzen hergestellt und übertrafen wie die Osmiumlampen die Lichtausbeute der Kohlenfadenlampen erheblich.

<sup>1</sup> Die ETZ berichtete über die Osmiumlampe und über das Nernst-Licht schon 1898 auf S. 272/73 (nach dem „Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung“). Über die Vorführung vgl. ETZ 22 (1901) S. 161.

Daß diese beiden Lichtquellen schon nach wenigen Jahren wieder vom Markt verschwanden, erklärt sich aus der erregenden Betriebsamkeit, die nunmehr in der Glühlampentechnik einsetzte. 1904 trat bereits die Tantal-Lampe der Siemens & Halske AG. auf den Plan. Ein Jahr darauf erschien bei der Auer-Gesellschaft die erste Wolframlampe der Welt, die im Frühjahr 1906 unter dem Markennamen „OSRAM“ ihren Siegeszug begann. Der Wettkampf zwischen Gaslicht und elektrischem Licht war jetzt endgültig entschieden. 1909 wurde die OSRAM-Gesellschaft gegründet, bei der die vielseitigen Erfahrungen aller großen deutschen Glühlampen-Wettbewerber zu einer gemeinsamen kraftvollen Leistung zusammenfloßen. Den weiteren Forschungsarbeiten dieses Unternehmens ist es in hohem Maße zu verdanken, daß das elektrische Licht zu einem der billigsten Allgemeingüter und zu einem starken Förderer des gesamten kulturellen und wirtschaftlichen Lebens wurde. HZ

DK 621.327.43

**Leistungsvergleich der Leuchtstofflampen mit Heiß- und mit Kaltkathoden.** [Nach F. W. Reuter jr.: Illum. Engng. 45 (1950) S. 363; 7<sup>1/2</sup> S., 7 B.]

Die in USA entwickelten „slimline“-Leuchtstofflampen sind Sofortstartlampen, die ohne besonderes Startgerät (Glimmzünder o. dgl.) sofort zünden. Sie erfordern dafür eine Zündspannung bis zu 750 V, die in der Regel durch einen (Spar-)Transformator geliefert wird. Man kann dabei heiße, barium-aktivierte Wolframdraht-Wendelelektroden anwenden, die sich in der Entladung selbst aufheizen und als Glühelatronenquelle wirken, oder kalte, barium-aktivierte Eisenblech-Zylinderelktroden, die wegen ihrer ausgedehnten Oberfläche (z. B. 15 cm<sup>2</sup>) auch ungeheizt eine ausreichende Elektronenquelle darstellen.

Da an kalten Kathoden die Elektronenausstrittsarbeit größer ist, haben die damit ausgestatteten Lampen eine höhere Leistungsaufnahme als die entsprechenden Heißkathodenlampen. Außerdem bleibt ihre Lichtleistung noch um beinahe 10% hinter dem „heißen“ Lampentyp zurück, vor allem weil ihr langer Elektrodenraum für die Lichtabgabe ausfällt. Aus diesen Gründen liegt die Lichtausbeute (lm/W) der Kaltkathodenlampen um 25 ... 30% tiefer als die der Heißkathodenlampen.

Dafür aber erreichen die „kalten“ Lampen eine höhere Lebensdauer (bis 10 000 h und darüber) und sind praktisch unabhängig von der Schalthäufigkeit. Auch ihre zeitliche Lichtstromabnahme (Alterungsvorgang) verläuft langsamer, so daß sich die entsprechenden Lampen des „kalten“ und des „heißen“ Typs jenseits einer Brenndauer von 6000 h in der Lichtleistung mehr und mehr annähern.

Man kann in beiden Fällen die charakteristischen Daten durch Druckänderung der Argon-Grundfüllung (z. B. zwischen 3 und 6 Torr) beeinflussen: kleinerer Druck verbessert die Lichtausbeute und erleichtert den Start, beschleunigt aber die Alterung; größerer Druck senkt die Lichtausbeute und erschwert die Zündung, erhöht aber die Lebensdauer. Man wird also die Lampenkonstruktion je nach den praktischen Gegebenheiten auf die optimalen Bedingungen einstellen. Dasselbe gilt auch für die technisch-wirtschaftliche Entscheidung über Heiß- oder Kaltkathodenlampen. RGW

DK 628.976 : 727.1

**Warum 300 lx Mindestbeleuchtungsstärke für Schulräume?** [Nach C. L. Crouch: Illum. Engng. 45 (1950) S. 343; 4<sup>1/2</sup> S., 4 B.]

Zur Erläuterung der physiologisch-optischen „Wirksamkeit“ (efficacy) der Beleuchtung wird an die bekannten grundsätzlichen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Sehschärfe, der Kontrastempfindlichkeit und der Wahrnehmungsgeschwindigkeit von der Beleuchtungsstärke oder Leuchtdichte erinnert. Die Sehschärfenkurve erreicht unter bestimmten Umständen, insbesondere bei heller Umgebung, erst jenseits 1000 lx ein Maximum. Der Höchstwert der Kontrastempfindlichkeit wird auf ähnlichem Helligkeitsniveau gefunden. Die Sehgeschwindigkeit steigt über 1000 lx hinaus noch an. Die Untersuchungen an praktischen Schauläusen des Schulbetriebes haben jedoch ergeben, daß man hier schon mit niederen Beleuchtungsstärken auskommen kann. Zum Lesen normaler Druckschrift auf hochwertigem Papier (Reflexionsvermögen etwa 80%) genügen 100 ... 150 lx; der Druck auf Zeitungspapier (Reflexionsvermögen etwa 65 %) erfordert 150 ... 200 lx. Einfache Handschrift auf Schreib-

papier (Reflexionsvermögen etwa 70%) benötigt 200 ... 300 lx, schwierigere Schrift, feine Zeichnung usw. 400 ... 500 lx. Durch besonders konstruierte „Sehfähigkeitsprüfer“ wurden diese Werte für die praktischen Lese- und Schreibaufgaben bestätigt.

Aus den Kurven der physiologisch-optischen Elementarfunktionen könnte allerdings geschlossen werden, daß eine weitere Steigerung der Beleuchtungsstärke die Sehleistung vielleicht doch noch erhöhen könnte oder die Augen mehr schonen würde. Im Rahmen der tatsächlichen Gegebenheiten und Erfordernisse des normalen Schulbetriebes würde jedoch der mögliche Gewinn nur relativ gering sein, so daß es fraglich wäre, ob dabei noch ein brauchbarer Wirkungsgrad (efficiency), d. h. ein wirtschaftlich vernünftiges Verhältnis von Energieaufwand und Sehleistung gewahrt bliebe. Ehe nicht weitere Untersuchungen (die z. T. schon im Gange sind) zuverlässige neue Unterlagen erbracht haben, wird man in USA an der Norm einer Mindestbeleuchtungsstärke von 300 lx für Schulräume, die sich bis jetzt allgemein bewährt zu haben scheint, festhalten. **RGW**

**Fernmeldetechnik**

DK 621.396.5

**Bewegliche Fernsprech-Teilnehmerstellen.** — Am 15. 8. 1950 wurde erstmalig in Deutschland im Gebiet der Bundesrepublik der öffentliche bewegliche Landfunkdienst (Funksprechsonderdienst) auf UKW mit den Funkbereichen Düsseldorf und Essen versuchsweise in Betrieb genommen. Die Anlagen dienen zunächst dem Stadtfunk und vermitteln Funkgespräche von fahrenden Teilnehmern in Personenkraftwagen und in einem Speisewagen der Rheinischen Bahngesellschaft auf der Strecke Düsseldorf—Krefeld (Straßenbahn) ins öffentliche Fernsprechnetz. Z. Zt. nehmen 6 Teilnehmer an diesem Dienst teil.

Die ortsfeste Anlage besteht aus einem 100 W-FM-Sender und einem Empfänger und wird über die Funkvermittlung in den Fernsprechämtern Düsseldorf und Essen fernbedient, besprochen und empfangen. Im Bereich Düsseldorf ist neben einem zweiten Außenempfänger in Duisburg die Aufstellung eines dritten Außenempfängers im Raume Krefeld—M.-Gladbach vorgesehen, um den Funksprechbereich zu vergrößern. Die bewegliche Anlage besteht aus einem 10 W-Sender und Empfänger, die über Umrichter aus einer besonderen Batterie oder der vorhandenen Autobatterie gespeist werden.

Die durchschnittliche Reichweite zum Wagen hin beträgt etwa 35 km. Vom Wagen zum ortsfesten Empfänger werden Entfernungen von etwa 15 ... 20 km überbrückt. Größere Reichweiten sind je nach den Empfangsverhältnissen im Wagen, die von dem Standort des Fahrzeuges und dem Störpegel abhängen, bis zu 50 km in der Richtung zum Fahrzeug und 30 km in umgekehrter Richtung durchaus möglich.

Störungen im Wagen werden in erster Linie durch die Zündfunken des Motors hervorgerufen und erfordern u. U. einen recht erheblichen Aufwand an Entstörungsmitteln. Der Volkswagen läßt sich im allgemeinen schon mit geringen Mitteln entstoren. Wichtig ist der einwandfreie elektrische Zustand der Karosserie des Fahrzeuges, die beim Wagen sender als Gegengewicht dient. Im Speisewagen der Rheinbahn sind Störungen durch die Funkenbildung an der Oberleitung bisher nicht festgestellt worden. Solange eine genügende Empfangsfeldstärke vorhanden ist, kann der Begrenzer einwandfrei arbeiten und Störungen wirkungsvoll verhindern. Die Störspannungen wurden bisher noch nicht gemessen.

Die verwendeten Frequenzen liegen im 3 m-Bereich. Die eingesetzten Geräte stellen die erste Entwicklung dar. Ziel muß sein, daß die beweglichen Teilnehmer durch Selektivruf angewählt werden und daß mittels einer einfachen Sprachverschleierung ein unbefugtes Abhören der Gespräche nicht mehr möglich sein wird. Die beiden Stadtfunknetze Düsseldorf und Essen sind Versuchsnetze, die der Sammlung von technischen und betrieblichen Erfahrungen dienen, die bei einem zunächst geplanten und stufenweise auszubauenden Autobahn-Funknetz verwertet werden sollen. **x**

DK 621.394.645.211.024

**Verzerrungsfreie Verstärkung von Gleichstromimpulsen mit einem Wechselstromverstärker.** [Nach R. Gauger: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 179; 10 S., 19 B.]

Normale Wechselstromverstärker mit RC-Kopplung sind zur verzerrungsfreien Verstärkung von Gleichstromimpulsen

wegen der praktisch begrenzten Größe der Zeitkonstante der Kopplungsglieder nicht geeignet. Durch Einführung entgegengesetzt verzerrender Schaltungsglieder im Anodenkreis können resultierende Zeitkonstanten erzielt werden, die verzerrungsfreie Verstärkung von Impulsen relativ hoher Zeitdauer ermöglichen.

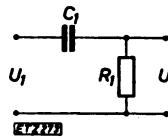


Bild 3. Verzerrendes Kopplungsglied im Gitterkreis einer Widerstandsverstärkerstufe.

Das Verhalten der Verstärker bei impulsartig verlaufenden Eingangsspannungen wird durch die Übergangsfunktion gekennzeichnet, die die Zeitabhängigkeit des Verhältnisses von Ausgangs- zu Eingangsspannung angibt. Durch die Entzerrerschaltung wird die Übergangsfunktion bis zur halben Dauer der Zeitkonstanten des RC-Gliedes im Gitterkreis zeitunabhängig, so daß einmalige Vorgänge, die innerhalb dieses Zeitraums ablaufen, unverzerrt wiedergegeben werden. Die Übergangsfunktion ist praktisch allein durch das Kopplungsglied  $C_1R_1$  im Gitterkreis bedingt und ergibt sich nach Bild 3 zu

$$f(t) = \frac{u_2(t)}{u_1(t)} = \epsilon^{-\frac{t}{C_1 R_1}}$$

Die Verzerrung der Ausgangsspannung  $u_2(t)$  ist umso größer, je kleiner die Zeitkonstante im Vergleich zur Impulsdauer ist. Die Spannungsbeziehung für den  $R_1C_1$ -Kreis

$$u_2 = u_1 - \frac{1}{C_1} \int_0^t i dt = u_1 - \frac{1}{C_1 R_1} \int_0^t u_2 dt$$

zeigt, daß die Verzerrung durch Subtraktion eines Gliedes entsteht, das  $\int u_2 dt$  proportional ist. Eine Entzerrung des Spannungsverlaufs  $u_2(t)$  ist daher durch Addition eines dem Integral der verzerrten Spannung  $\int u_2 dt$  proportionalen Ausdrucks zu  $u_2(t)$  grundsätzlich möglich. Steuert man beispielsweise nach Bild 4 das Gitter einer Pentode mit der verzerrten Spannung  $u_2(t)$  aus, so erzeugt der  $u_2$  proportionale Anodenstrom an der Reihenschaltung von  $C_2$  und  $R_2$  im Anodenkreis zwei Teilspannungen, die  $\int u_2 dt$  und  $u_2$  proportional sind und zusammen die Spannung  $u_1$  ergeben, wenn die Zeitkonstante der Entzerrerschaltung gleich der des verzerrenden Gliedes ist. Ähnlich kann die integrierende Wirkung einer L-R-Kombination zur Entzerrung benutzt werden.

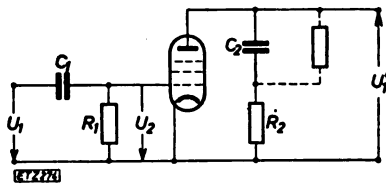


Bild 4. Entzerrerschaltung mit Kondensator - Widerstand ( $C_2 R_2$ ) im Anodenkreis einer Pentode. --- ohne, — mit Entzerrung.

Es werden verschiedene Entzerrerschaltungen behandelt, die auf Grund praktischer Schaltungsbedingungen von den idealen Schaltungen etwas abweichen und zu einer zeitabhängigen Übergangsfunktion führen. Schaltungsbemessungen werden angegeben, die zu einer möglichst geringen Zeitabhängigkeit dieser Funktion führen. Das Verhalten mehrstufiger Verstärker wird durch Aufstellung der bereits sehr umfangreichen und wenig übersichtlichen Übergangsfunktion und der Entzerrungsbedingungen für einen dreistufigen Verstärker behandelt.

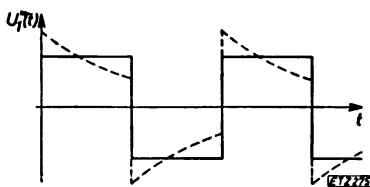


Bild 5. Verstärkte Rechteckspannung der Grundfrequenz  $f_0 = 1/2 C_1 R_1$  mit und ohne Entzerrung.

Neben der Übergangsfunktion wird der Frequenzgang einer entzerrten Verstärkerstufe durch Darstellung der Betrags- und Phasenbeziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung  $U_2^*/U_1$  als Funktion der Frequenz angegeben. Durch die Entzerrerschaltung kann man sowohl Amplitude als auch Phasenwinkel optimal entzerren.

Das Verhalten der Verstärker gegen Rechteckspannungen ergibt sich aus der Darstellung dieser Spannungen als aufeinander folgende Gleichspannungssprünge wechselnden Vorzeichens. Rechteckspannungen lassen sich verzerrungsfrei verstärken bis zu einer Grundfrequenz, die wenigstens doppelt so groß ist wie die Grenzfrequenz des nicht entzerrten Verstärkers; als Beispiel ist in Bild 5 der Zeitverlauf einer Rechteckspannung der Grundfrequenz  $f_0 = \frac{1}{2} C_1 R_1$  mit und ohne Entzerrung dargestellt. Lts

DK 621.394.5

**2fach-Trägerfrequenz-Telegraphiersystem für Seekabel.** [Nach E. L. Newell u. C. H. Cramer: Electr. Engng. 69 (1950) S. 338; 5 S., 7 B.]

Zur Sicherung des Fernschreibverkehrs zwischen den Inseln Kuba und Key West wurde das 2fach-Trägerfrequenz-Telegraphiersystem C 3 für kurze Seekabel entwickelt, das bei Bedarf auf der etwa 185 km langen Kabelverbindung zwischen den Städten Habana und Key West eingesetzt wird. Das System arbeitet mit den Trägerfrequenzen 375 und 525 Hz in südlicher Richtung und 825 und 975 Hz in nördlicher Richtung, die zur Übertragung der Telegraphierimpulse frequenzmoduliert werden. Dabei werden für die Endgeräte weitgehend die Einrichtungen eines vielverwendeten, gleichartigen Systems für Landverbindungen benutzt, auf die der Aufsatz nicht näher eingeht.

Die Kabelverbindung besteht aus 3 Einleiter-Seekabeln, die normalerweise mit Gleichstromtelegraphie belegt sind, wobei zur besseren Ausnutzung auf jedem Kabel wechselseitige Mehrfachtelegraphie angewendet wird. Das neue Trägerfrequenz-Telegraphiersystem ist vor allem für den Fall vorgesehen, daß 1 oder 2 Kabel gestört sind. Jeder der beiden Trägerkanäle kann dann die Rolle der Gleichstromtelegraphie-Verbindung eines Kabels übernehmen, wobei mit einer zulässigen Telegraphierfrequenz von 50 Hz bei einer Kanalbandbreite von 80 Hz die Übertragungsqualität nicht schlechter, teilweise sogar besser ist. Entsprechend diesem Verwendungszweck werden für die Übertragung des C 3-Systems normalerweise 2 von den 3 Seekabeln als „Doppelleitung“ benutzt und in Ausnahmefällen 1 Kabel als Einfachleitung mit Erdrückleitung, wobei das zweite Kabel durch geeignete Nachbildschaltungen ersetzt wird. Im Fall der „Doppelleitung“ sind die beiden Leiter nicht paarig geführt und verlaufen in keiner Weise symmetrisch; durch die abschirmende Wirkung des Seewassers bleibt der Störpegel jedoch trotzdem niedrig.

Die zu überbrückende Dämpfung ist mit rd. 9,2 Np bei 1000 Hz etwa 3mal so groß wie die übliche Dämpfung eines Übertragungsabschnitts bei Landverbindungen. Das bedingt mit Rücksicht auf einen ausreichenden Störpegelabstand den hohen Sendepiegel von + 4,6 Np (Leistungspegel), entsprechend einer Leistung von 17 W. Dabei wird ein Klirrfaktor von 1% eingehalten. Der Empfangspegel beträgt etwa - 4,6 Np. Bei Benutzung von 2 Kabeln liegt der Geräuschpegel in Key West mindestens 4 und in Habana mindestens 4,6 Np unter dem Empfangspegel, bei Benutzung von 1 Kabel sind es mindestens 2,3 und 3,5 Np. Der große Unterschied zwischen Sende- und Empfangspegel einerseits und die Forderung des gleichzeitigen Betriebes von Gleichstrom- und Trägerfrequenz-Telegraphie ohne gegenseitige Beeinflussung andererseits stellen entsprechende Anforderungen an die Anordnung und Auslegung der Filter. Die Einfügungsverluste für die Gleichstrom-Telegraphiekreise bei Anschaltung des C 3-Systems sind mit etwa 0,3 Np sehr gering.

Das C 3-System enthält somit einige wesentliche Besonderheiten gegenüber bekannten Systemen für Landverbindungen und stellt ein interessantes Beispiel dar für die Anwendung der neueren Trägerfrequenz-Telegraphie auf kurzen Seekabeln. Y

DK 621.396.645.211

**Selektiver Tonfrequenzverstärker nach dem RC-Prinzip.** [Nach K. Feher u. G. Kurtze: Frequenz 4 (1950) S. 72; 4 S., 6 B., 1 Taf.]

Es wird eine neuartige Selektionsmethode beschrieben, mit der man grundsätzlich jeden Breitbandverstärker in einen Resonanzverstärker verwandeln kann. Die Selektivierung erfolgt durch eine frequenzabhängige Rückkopplung, mit der die Verstärkung im gesamten Frequenzbereich bis auf die gewünschte Resonanzfrequenz durch Gegenkopplung stark reduziert wird. Als selektives Glied diente eine Brück-

schaltung aus RC-Gliedern (Wien-Robinson-Brücke), deren Diagonalspannung maßgebend für die Selektivität ist. Abgestimmt wird durch kontinuierliches Ändern der Brückenwiderstände und stufenweises Umschalten der Brückkapazitäten. Für den Tonfrequenzbereich erhält man mit dieser Methode einen selektiven Verstärker, der die Nachteile der sonst üblichen LC-Kreise (große LC-Werte, geringe Resonanzschärfe, geringe Frequenzvariation, Änderung des Resonanzwiderstandes des Schwingkreises und damit des Verstärkungsfaktors bei Kapazitätsvariation usw.) weitgehend vermeidet. Man erhält eine gute Resonanzschärfe, großen Frequenzhub (Verhältnis der Verstärkung bei der Resonanzfrequenz zu der bei  $\nu = \omega/\omega_0 - \omega_0/\omega = \infty$ ) und eine nahezu konstante Resonanzverstärkung im gesamten Bereich. Der Nachteil des Prinzips liegt darin, daß die Resonanzkurve auch bei großer Verstimmung  $\nu$  nicht gegen Null geht, sondern auf einen endlichen Grenzwert absinkt, der schon bei geringer Verstimmung erreicht wird. Durch Begrenzungskapazitäten kann hier zum Teil abgeholfen werden. Die Arbeit enthält ein ausführliches Schaltbild. Die Bemessung der Brückengrößen wird ausführlich besprochen. Seu

DK 621.397.1

**Einfluß des übertragenen Frequenzbandes auf die Güte des Fernsehbildes.** [Nach J. Schunack: Arch. elektr. Übertr. 3 (1949) S. 301 u. 323; 4 (1950) S. 75 u. 113.]

Zur Untersuchung des Einflusses der übertragenen Bandbreite auf die Güte des Fernsehbildes wird der Helligkeitsverlauf im Empfangsbild mit dem im Sendebild verglichen. Die Untersuchung beschränkt sich auf das Verhalten in der Abtastrichtung und erstreckt sich nicht auf die durch den Unterschied der kontinuierlichen Abtastung in Zeilenrichtung und der sprunghaften Abtastung in Bildrichtung hervorgerufenen Fehler (Kell-Faktor). Die Bildwiedergabe wird beeinflusst von der endlichen Grenze der Blende des Bildaufzeichnungs- und -wiedergabesystems (z. B. Fleckdurchmesser der Speicherröhre) sowie der beschränkten Bandbreite des Übertragungskanales. Für die Betrachtung werden rechteckige Blenden gleicher Durchlässigkeit und ein Übertragungsweg mit den Eigenschaften eines idealen Verstärkers vorausgesetzt. Ein idealer Verstärker muß alle Schwingungen von der Frequenz 0 bis zu einer Grenzfrequenz mit gleicher Amplitude und Laufzeit übertragen und Schwingungen höherer Frequenz unterdrücken. Berechnet wird der Helligkeitsverlauf in Abhängigkeit von der Abtastkoordinate oder der diesem proportionale Verlauf des elektrischen Stromes in Abhängigkeit von der Zeit. Der Verfasser wählt Prüfbilder mit mathematisch genau festzulegendem Verlauf, berechnet sie mit Fourierreihen und Fourierintegralen und untersucht einmalige, periodische und einsetzende periodische Vorgänge. Beispiele sind: Helligkeitskante, eine Doppelkante aus der Aufeinanderfolge zweier Helligkeitskanten verschiedener Richtung gleicher Größe (z. B. ein heller Punkt mit veränderlicher Breite auf der Spur), eine Gitterstruktur, welche aus periodisch aufeinanderfolgenden Doppelkanten untereinander gleichen Abstandes besteht, und eine einsetzende sinusförmige Helligkeitsverteilung.

Der Vergleich der Wirkungen einer einzigen Rechteckblende mit denjenigen eines idealen Verstärkers zeigt, daß der Einfluß beider Größen grundsätzlich voneinander unterschieden ist; die endliche Blendengröße verwascht die Bildhelligkeitskanten und die Frequenzbandbeschränkung gibt außerdem verschiedene weitere Fehler:

1. Bei Helligkeitswechseln treten Einschwingungen vor und hinter der Kante des Helligkeitswechsels auf, welche den Helligkeitsumfang des Originals weit übertreffen können,

2. diese Verzeichnungen sind verschieden je nach der Periode des Signals,

3. einmalige und periodisch wiederkehrende Bildhelligkeitswechsel gleicher Ausdehnung in der Zeitachse werden verschieden wiedergegeben, d. h. die Wiedergabe ist abhängig von der Vorgeschichte der einzelnen abzutastenden Bildelemente.

Bei einem Fernsehsystem sind sowohl Blende als auch Verstärker mit beschränktem Durchlaßbereich vorhanden. Die Bildwiedergabe wird durch die Beziehung zwischen Blende und höchster zu übertragender Frequenz bestimmt. Je nach ihrer Bemessung überwiegt der Einfluß der endlichen Blendengröße oder derjenige der Frequenzbandbeschränkung.

Als Kennzeichen für ein Übertragungssystem wird das Produkt aus Grenzfrequenz und Blendengröße angesehen. Bei der üblichen Betrachtung Bandbreite = halbe Zahl der Bildpunkte von der Größe der Blende je Sekunde ist dieses Produkt  $\frac{1}{2}$ . Bei dieser Bemessung treten Verzerrungen auf, die stark von der Frequenzbandbegrenzung beeinflusst sind. Bei Verdopplung der Bandbreite — das oben genannte Produkt wird dann 1 — treten solche Fehler nur noch in ganz geringem Maße auf. Eine weitere Erhöhung der Bandbreite verbessert das Bild nicht merklich.

Um Übersteuerungen auf dem Übertragungsweg zu vermeiden, ist es zweckmäßig, dem Bildzerleger des Senders, der Blende, den größtmöglichen Wert zu geben, die Bandbreite nach der oben genannten Bedingung zu wählen und die Blende am Empfänger in Zeilenrichtung möglichst klein zu machen.

Eb

## Physik

DK 538.114 : 549.73

**Ferri- und Antiferromagnetismus.** [Nach L. Néel: Ann. Phys., Paris, 3 (1948) S. 137; J. Phys. Radium 11 (1950) S. 7S.]

Der Verfasser dehnt die Theorie von Weiß-Heisenberg für reine ferromagnetische Metalle auf Stoffe aus, die wie Ferrite und z. B.  $Mn_2Sb$ , in ihrem kristallographischen Aufbau auf zwei Unterstrukturen zurückgeführt werden können, und betrachtet die Austauschwechselwirkungen der ferromagnetischen Ionen in diesen beiden Strukturen<sup>1</sup>. Obwohl die Austauschwechselwirkung dieser beiden Strukturen negativ ist, findet man doch in allgemeinen Fällen, in denen der Anteil der magnetischen Ionen in den beiden Strukturen verschieden ist, unterhalb einer bestimmten Temperatur wie beim Ferromagnetismus spontane Magnetisierung. Zum Unterschied von dem eigentlichen Ferromagnetismus nennt der Verfasser diese Erscheinung Ferrimagnetismus. Sie ist neben geringeren Sättigungsmagnetisierungen noch durch eine Temperaturabhängigkeit der Suszeptibilität im paramagnetischen Gebiet ausgezeichnet, die deutlich vom Curie-Weißschen Gesetz abweicht. Für den Fall, daß die Anteile der magnetischen Ionen in den beiden Unterstrukturen gleich sind, ist Antiferromagnetismus (= Metallparamagnetismus) zu erwarten. Bei den Ferriten, die kubisch kristallisieren (Spinelltyp), sind die beiden Unterstrukturen (tetraedr. mit 4 0-Nachbarn und rhomboedr. mit 6 0-Nachbarn) kristallographisch nachgewiesen. Eine Prüfung der Theorie mit den experimentellen Ergebnissen im wesentlichen von Serres führt zu einer befriedigenden Übereinstimmung. Einzig die Temperaturabhängigkeit in der Nähe des Curiepunktes weicht ab, was aber unter Verwendung der formalen Weißschen Theorie wie hier auch bei den reinen Metallen der Fall ist. Besonders für den Cu-Ferrit sollten nach der Theorie 41,5% der Ferri-Ionen auf die tetraedr. und 58,5% auf die rhomboedr. Unterstruktur fallen. In gleicher Weise quantitativ werden auch die anderen Ferrite einschließlich Magnetit und  $\gamma-Fe_2O_3$  behandelt. Beim letzteren wird das Tatsachenmaterial durch eine angenommene Fehlstelle im  $Fe_3O_4$ -Gitter gut in der Weise beschrieben, daß von 9 Fe-Atomen eins im Gitter fehlt.  $\alpha-Fe_2O_3$  wird befriedigend als Antiferromagnetikum behandelt. Eine Interpretation der gesamten magnetischen Eigenschaften von  $Mn_2Sb$  gelingt durch die Annahme, daß 49,2% der Mangan-Ionen zu einer Unterstruktur mit 5 und 50,8% zu einer anderen Unterstruktur mit nur 3 Bohrschen Magnetonen gehören. Die quantitative Anwendung der Theorie auf die Ferrite und die Antiferromagnetika führt für jede Bindung auf die Berechnung des Austauschintegrals. Hier wird Widerspruchsfreiheit erst durch die Einführung von Austauschwechselwirkungen zwischen entfernteren Nachbarn, „Superaustausch“ genannt, erreicht. Dieser Superaustausch ist im allgemeinen negativ. Es wird jedoch nahegelegt, daß er z. B. bei den Heusler-Legierungen positiv sein kann. Eine Bestätigung dieser Theorie des Ferrimagnetismus, die insbesondere die technisch wichtigen Eigenschaften der Ferrite beschreibt, wird einmal durch die molekularen magnetischen Sättigungsmomente gegeben. Da sich entsprechend den theoretischen Vorstellungen die Atommomente der beiden  $Fe^{++}$ -Ionen im Ferrit gegenseitig aufheben, sollte das Molekularmoment theoretisch gleich dem Moment von M im Ferrit  $MOFe_2O_3$  sein. Das trifft annähernd zu, wenn man die Atommomente aus den Spins berechnen kann und eine noch stärkere Blockierung der

Bahnmomente wie bei den paramagnetischen Salzen der gleichen Metalle annimmt. Die Abweichungen mit Ausnahme des  $CuOFe_2O_3$  lassen sich durch unvollständige Blockierung der Bahnmomente deuten. Beim  $CuOFe_2O_3$ , wo die Sättigungsmagnetisierung außerdem von der Wärmebehandlung abhängt, scheint die Verteilung des Cu auf die beiden theoretisch angenommenen Unterstrukturen zu wechseln. Auch das molekulare Sättigungsmoment der Mischferrite stimmt mit den theoretischen Berechnungen überein. Man kann nach diesen theoretischen Betrachtungen den Ferrimagnetismus, der spontane Magnetisierung trotz negativen Austauschintegrals besitzt, auch als unvollständigen Antiferromagnetismus auffassen, in der Weise, daß die beiden Unterstrukturen, die beim Antiferromagnetismus genau gleich sind, beim Ferrimagnetismus sich voneinander unterscheiden. Die Annahme der beiden Unterstrukturen wurde durch Neutronenbeugungsversuche von C. G. Shull und J. S. Mart bestätigt.

Fbch

DK 539.16.08

**Szintillations- und Kristallzähler.** [Nach R. Kollath: Elektron, Münch., 4 (1950) S. 199; 8 S., 2 B.]

Einleitend wird kurz die Frage erörtert, wieso man sich neben dem bereits vorhandenen Geiger-Müller-Zählrohr mit seiner einfachen Handhabung noch mit der Entwicklung weiterer Geräte dieser Art beschäftigt, wobei die Begriffe Auflösungsvermögen, Lebensdauer und Ansprechwahrscheinlichkeit diskutiert werden. Der neuentwickelte „Szintillationszähler“ kann als eine wesentliche Verbesserung der alten Szintillations-Zählmethode aufgefaßt werden, mit der in mühsamer visueller Arbeit die ersten Versuche über Kernstreuung und Kernzertrümmerung durchgeführt wurden. Der Sekundärelektronen-Photovervielfacher<sup>1</sup> (photomultiplier), der in den Jahren vor dem letzten Weltkrieg entwickelt und nach dem Krieg weiter vervollkommen wurde, ist eine Photozelle, die die Empfindlichkeit des ausgehenden menschlichen Auges noch merklich übertrifft. Die kleinen Lichtblitze („Szintillationen“), die beim Auftreffen nicht nur von  $\alpha$ -, sondern auch  $\beta$ -Strahlen und auch beim Durchgang von  $\gamma$ - oder Röntgen-Strahlen durch geeignete Leuchtsubstanzen entstehen, können mit dem Vervielfacher objektiv festgestellt werden, wobei sogar die Intensität der Leuchtblitze sich an der Größe der Impulse aus dem Vervielfacher noch unterscheiden läßt. Die Forderungen an die Leuchtsubstanzen werden besprochen und einige der wichtigsten Leuchtsubstanzen mit ihren Eigenschaften tabellarisch zusammengestellt.

Beim „Kristallzähler“ wird die Bewegung von Ladungsträgern nachgewiesen, die durch ein energiereiches Teilchen, z. B. ein  $\gamma$ -Quant, beim Durchgang durch einen isolierenden Kristall (u. a. Diamant) in diesem erzeugt werden. Es besteht also beim Kristallzähler eine gewisse Analogie zur Ionisationskammer. In einem solchen isolierenden Kristall bilden sich aber bei der Bewegung von Ladungen im Kristall Raumladungserscheinungen aus, die vorläufig noch die Brauchbarkeit des Kristallzählers beeinträchtigen; es bedarf hier noch weiterer Entwicklungsarbeit. Wesentliche Vorteile beider Geräte sind: die Möglichkeit der direkten Messung der Teilchenenergie mit Hilfe der Größe der entstehenden Impulse sowie die erhöhte Ansprechwahrscheinlichkeit gegenüber durchdringender Strahlung; demgegenüber ist der Aufwand an „Elektronik“ (Verstärker usw.) bei den Geräten relativ groß.

Ab

## Verschiedenes

DK 374.6 : 338.45

**Amerikanische Ausbildungsmethoden in der Industrie.** [Nach Techn. Rdsch. 42 (1950) Nr. 42, S. 25; 3 S., 2 B.]

Betriebspsychologie gibt es auch in Deutschland, doch bleibt sie häufig Theorie, weil man glaubt, man könne es sich nicht leisten, Zeit und Geld für etwas aufzuwenden, das sich erst nach einer gewissen Dauer (dann aber gründlich) rentiert. In den USA ist das, erleichtert durch die Wirtschaftslage, schon besser, man hilft den Arbeitern und Angestellten, sich neue Fertigkeiten anzueignen. Der vorliegende Aufsatz beschreibt die Ausbildungsmethoden in einer großen amerikanischen Fabrik, deren Leitung auf dem Standpunkt steht, daß man die Ausbildung von neuereinstellten Arbeitnehmern nicht dem Zufall überlassen soll. Diese werden daher in Kursen 1... 5 Jahre lang gründlich

<sup>1</sup> S. a. H. G. Beljers u. J. L. Snoek: ETZ 71 (1950) S. 569.

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 70 (1949) S. 524.



unterrichtet. Im wesentlichen gibt es 4 Arten von Kursen: 1. Lehrlingen mit besserer Schulbildung wird der Weg zu hochqualifizierten Spezialarbeiten gezeigt; 2. Männer im Alter von 20... 32 Jahren können besondere Maschinen- und Büroarbeiten erlernen; 3. College-Studenten werden in 5jährigen Kursen theoretisch und praktisch in der Fabrik unterrichtet; 4. fertige College-Absolventen arbeiten während eines Jahres in den verschiedenen Fabrikabteilungen. Daneben werden aber auch alle gefördert, die bereits im Werk arbeiten und aufzurücken wünschen. Alle Teilnehmer der Kurse erhalten einen ausreichenden Lohn, der den von ungelerten Kräften bereits übersteigt.

Die Anregung zu neuen Kursen kommt meist von leitenden Persönlichkeiten des Betriebes. Die Aufgabenstellungen und Themen richten sich nach dem Bedarf der Produktion und den Wünschen der Arbeitskräfte. Ob ein vorgeschlagener Kurs durchgeführt wird, hängt von der Zahl der (selbstverständlich freiwilligen) Teilnehmer ab. 15 Beteiligte werden als ausreichend angesehen. Jährlich besucht ein Vertreter des Werkes die umliegenden Schulen und Universitäten, um interessierte Kandidaten auszuwählen.

In dem gleichen Betrieb ist den Vorarbeitern weit größere Verantwortung und Freiheit gegeben als bei uns. Ihre Hauptaufgabe ist die Beratung und Belehrung der ihnen Unterstellten. Man steht dort auch auf dem Standpunkt, daß die Fähigkeit, Menschen zu führen, nicht erlernt werden kann, sondern angeboren ist. Der Aufsatz beschreibt an 3 Beispielen, welche Aufstiegsmöglichkeiten das unrisse Prinzip bieten kann. BV

DK 621-634.2 : 620.19

**Über Erosions- und Korrosionsschäden bei schweren Heizölen als Brennstoff.** [Nach B. Engel: Erdöl u. Kohle 3 (1950) S. 321; 6 S.]

Beim Betrieb von Dieselmotoren, Gasturbinen und Dampfkesseln mit schweren Heizölen treten Erosions- und Korrosionsschäden auf. Die Erosionsschäden können durch Zentrifugieren des Oles stark gemindert werden, wodurch die verschleißenden Verbindungen (Kieselsäure usw.) entfernt werden und ein Betrieb wie bei Gasöl möglich ist. Lamb gelang es, den Verschleiß des Zylinderfutters von Schiffsdieselmotoren durch zweimaliges Zentrifugieren ganz erheblich herabzusetzen. Seine Versuche ergaben, daß etwa  $\frac{1}{2}$  der im Öl enthaltenen Aschemengen absehbare ist. Enthält z. B. ein Heizöl nur 0,05% Asche, und verbraucht z. B. ein Schiffsdieselmotor im Jahr 620 t, so gehen 300 kg Asche/Jahr durch den Motor. Werden nun vorher 100 kg  $\text{SiO}_2$  ausgeschieden, so geht der Verschleiß stark zurück.

Die Ursachen der Korrosionsschäden sind viel schwerer festzustellen. Sie können durch unvollkommene Verbrennung entstehen, wobei Schwefelverbindungen (z. B.  $\text{SO}_3$ ) eine wichtige Rolle spielen. Leider gibt es noch kein wirtschaftliches Entschwefelungsverfahren, ebensowenig ist es gelungen, die im Öl gelösten Vanadin-Verbindungen in abtrennbare Form überzuführen. Besonders muß die Temperatur in den Vorheizern und die Wahl von geeigneten Zerstäubern beachtet werden, um den Brennstoff möglichst restlos mit der Verbrennungsluft zu vermischen. Zur Vermeidung von Korrosionsschäden durch unvollkommene Verbrennung ist ein zu großer Luftüberschuß günstiger als ein zu geringer, obwohl die Wärmewirtschaftlichkeit darunter leidet. Wichtig ist auch die Wahl geeigneter Werkstoffe für Kesselrohre und Turbinen und für die Auskleidung von Verbrennungskammern. Stoffe, die zur Aufkohlung oder zum Angriff durch CO neigen, sollten vermieden werden. Geeignet sind Aluminium, Al-Bronze und andere Al-Legierungen und keramische Stoffe mit mindestens 40%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Um eine  $\text{SO}_3$ -Bildung zu vermeiden und den Rauchgas-Taupunkt in Dampfkesseln herabzusetzen, wird ein Zusatz von feinverteilter Kieselsäure (Quarz) oder von feinpulverisierter Kohle oder Kohlenasche empfohlen. Viele chemische Formeln erläutern die Richtigkeit der Darlegungen. V o

DK 621.822.1 : 621.891

**Rationelle Energiewirtschaft durch verminderte Lagerrelubung.** [Nach G. Vogelphohl: Stahl u. Eisen 70 (1950) S. 930; 7 S., 9 B.]

Der Verfasser untersucht, ob es beim heutigen Stand der Forschung möglich ist, durch verminderte Reibung in Maschinen nennenswert an Energie und Kosten zu sparen.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Reibung als Verlustquelle erläutern nachfolgende statistisch erfaßte Zahlen. 1948 wurden allein im Bundesgebiet an Ölen für Motoren und Getriebe 232 300 t verbraucht, deren Wert sich auf 194,7 Mio. DM beziffert. Die Gesamtkosten für Schmierung, den Energieverbrauch durch Reibung und für Verschleiß betragen etwa 3 Mia. DM jährlich. Viele Schwierigkeiten in der Praxis sind zwar durch Verwendung von Wälzlagern beseitigt worden, jedoch ist ihr Anwendungsgebiet beschränkt und besonders die gegenwärtige Entwicklung von sehr schnelllaufenden Maschinen führt zwangsläufig auf das Gleitlager zurück. Wenn man mit Drucköl schmiert, ist sogar das Gleitlager in bezug auf Tragfähigkeit auf jeden Fall vorzuziehen.

Sehr lehrreich ist der geschilderte Versuch mit einem luftgekühlten, halbverschlossenen Lager; er vermittelt Erkenntnisse, die Leonardo da Vinci schon vor 450 Jahren gewonnen hatte. Dieser Versuch zeigt, daß zunächst der Widerstand bei Beginn der Bewegung eines rotierenden Zapfens sehr groß ist, dann aber der Zapfen in einem Luftkissen schwimmt, dessen Druck meßbar und von der Drehzahl fast unabhängig ist. Bei nachträglichem Zusatz von dünnflüssigem Öl als Schmiermittel kann deutlich nachgewiesen werden, daß die Antriebsleistung erheblich steigt, ein klarer Beweis dafür, daß bei hohen Drehzahlen und geringer Belastung kein zu zähes Schmiermittel verwendet werden darf.

Die in der Literatur angegebenen Reibungszahlen sind nach Ansicht des Verfassers mit Vorsicht zu verwenden. Die Forschung hat in letzter Zeit trotz des Fehlens einer einwandfreien Vorrichtung zur Reibungsmessung gute theoretische und praktische Grundlagen geschaffen. In verschiedenen, von einander unabhängigen Versuchen wurde die Abhängigkeit der verallgemeinerten Reibungszahl von der dimensionslosen Sommerfeldschen Zahl durch einen Kurvenstreifen ermittelt. Eine wichtige Aufgabe jedoch, die Auswahl des günstigsten Lagers für einen bestimmten Verwendungszweck, muß die Forschung noch lösen. Pj

DK 621.822.5

**Wasser- und Luftlager für die Feinmechanik.** [Nach F. Gottwald u. R. Vieweg: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 437, 5 $\frac{1}{2}$  S., 7 B.]

Namentlich die Steuer- und Regeltechnik verlangen nach Lagern mit geringster Reibung, wie sie sich durch Einpressen von Öl, Wasser oder Luft zwischen die Laufflächen herstellen läßt. Bisher sind derartige Lagerungen mehr gefühlsmäßig gestaltet worden; der vorliegende Aufsatz gibt nähere Unterlagen über die Strömungsvorgänge im Lager spalt. Das Schmiermittel wird durch Bohrungen eingepumpt und so zwangsweise ein Schmierfilm aufrecht erhalten. Dadurch erhält man ein geschwindigkeitsproportionales Reibungsmoment. Die Strömungsverhältnisse im Spalt werden unter vereinfachten Bedingungen berechnet und die Ergebnisse mit Messungen an Modellen verglichen. Die Möglichkeit der Stabilisierung wird diskutiert und rechnerisch verfolgt. Das einfach nach der Newtonschen Gleichung berechnete Reibungsmoment stimmt gut mit den Versuchsergebnissen überein. Es ergaben sich bei beträchtlicher Belastung bei sehr niedrigen Drehzahlen erstaunlich geringe Reibungsmomente. R

### Kurznachrichten

**50 Jahre Essener Ingenieurschule.** — Im Mai ds. Js. blickt die Staatliche Ingenieurschule Essen auf ihr 50jähriges Bestehen zurück. Das Jubiläum soll vom 2. bis 4. 5. 1951 festlich begangen werden. Ehemalige Schüler und Freunde der Schule werden von der Gesellsch. d. Förderer u. Absolventen, Essen, Elbestr. 77, zur Teilnahme an der Feier und zur Mitarbeit an den Vorbereitungen aufgerufen. R

**Besserer Rundfunkempfang in Oldenburg.** — Kürzlich haben in Oldenburg zwei neue Sender den Betrieb aufgenommen. Ein 10 kW-FM-UKW-Sender auf 89,3 MHz in Etzhorn überträgt das UKW-Programm Nord des NWDR. Außerdem strahlt ein 20 kW-Sender mit 1586 kHz das NWDR-Mittelwellenprogramm aus. Dieser Sender besitzt einen 100 m hohen selbstschwingenden Rohrmast, der auch die Antenne des UKW-Senders trägt.

Der bisherige provisorische Mittelwellensender Oldenburg hat seinen Betrieb eingestellt. — Die beiden neuen Sender wurden von Telefunken gebaut. M



## VERSCHIEDENES

## VDE

## Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

## Bekanntmachungen

## Außerkräftsetzung von VDE 0351 U

In der ETZ 71 (1950) S. 601 hatte die VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“ mitgeteilt, daß beabsichtigt sei, VDE 0351 U „Übergangsvorschriften für die Bewertung und Prüfung von Vergußmassen für Kabelzubehöriteile“ außer Kraft zu setzen. Einsprüche sind nicht eingegangen.

Der Vorstand hat daher diese Übergangsvorschriften ab 1. März 1951 für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

## Kommission „Elektrische Meßgeräte“

Außerkräftsetzung von VDE 0480. — Die Kommission beabsichtigt, VDE 0480/XII.42 „Gegenüberstellung der Ländervorschriften und der IEC-Regeln für elektrische Meßgeräte“ für ungültig erklären zu lassen, da die verschiedenen Ländervorschriften, die hier behandelt werden, inzwischen geändert wurden. Einsprüche gegen die Außerkräftsetzung können bis zum 15. März 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden. (Es ist geplant, zu gegebener Zeit eine den neuesten Stand wiedergebende Gegenüberstellung herauszugeben).

Vorsitzender der Kommission VDE-Vorschriftenstelle  
Merz Jacottet

## SITZUNGSKALENDER

- ETV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33  
2. 2. 51, 18.15, Hörsaal 301 d. TU.: „Kunststoffe in der Elektrotechnik“, Dr. H. Heering, Berlin.
3. 3. 51, Zeit und Ort wie vor: „Fernsehen: Studioteknik“, Dipl.-Ing. W. Bruch, Hannover; „Fernsehen: Übertragung und Empfang“, Dipl.-Ing. R. Andrieu, Ulm.
- ETV Braunschweig, Technische Hochschule Braunschweig  
2. 3. 51, 20.00, Hörsaal MH I im Hochspannungsinstitut: „Elektrizitätswerkstelephonie“, Dipl.-Ing. Schulz.
- ETV Bremen, Am Dobben 32  
5. 3. 51, 19.30, Oberschule Hermann Böse-Str.: „Moderne photoelektrische Steuer- und Regeltechnik“, Dr. Helbig.
- ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
16. 2. 51, 19.30, in Erlangen, Physikal. Insitut, Glückstr.: „Das synchrone Schalten von Wechselstrom“, Dipl.-Ing. Duffing, Berlin.
- VDE-Bezirk Hansa, Hamburg, Hbg. 1, Gerhart Hauptmann-Pl. 48  
2. 2. 51, 17.00, Museum f. Volkerkde.: „Nahverkehrstechnik“, Dr. Lademann, Hamburg.
6. 3. 51, Zeit und Ort wie vor: „Raumakustik“, Dr. F. Spandöck, Karlsruhe.
- ETG Hannover, Bischofsholerdamm 70  
27. 2. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Eindrücke über eine Studienreise in den USA“, Dir. Spennemann, Hattungen.
- VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6  
19. 2. 51, 17.00, Landesbrandkasse: „Entwicklung oberflächengekühlter Drehstrommotoren“, Dr. Weißheimer.
6. 3. 51, Zeit und Ort wie vor: „Kulturelle Probleme der Gegenwart“, Dir. Dr. Adam.
- VDE-Bezirk Köln, Kln.-Riehl, Amsterdamer Str. 192  
1. 3. 51, 17.30, Staatl. Masch.-Bauschule Uberring: „Entwicklungslinien im elektrischen Schaltanlagenbau“, Dir. Meiners.
- ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
27. 1. bis 21. 4. 51, tägl. 8.30, Hotel Reichshof: Kursus „Relaischutz in Hochspannungsanlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dr.-Ing. W. Bülow, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.
23. 4. bis 26. 4. 51, tägl. 10.00, Hotel Reichshof: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. P. Schnell, Dr.-Ing. O. Zeier, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.
- VDE-Bezirk Bergisch Land, Stützpunkt Solingen, Weyerstr. 184  
22. 2. 51, 20.00, August-Dicke-Schule, Schützenstr.: „Die industrielle Anwendung der Strahlungserwärmung (Infrarot)“, Dipl.-Ing. Kaufmann.
- ETV Württemberg, Stuttgart, Stg.-N., Lautenschlagerstr. 12  
22. 2. 51, 17.00, Vortragssaal d. Techn. Werke: „Neuzeitliche Empfängerrohre“, Dir. Dr. Herringer, Oberöblingen.
1. 3. 51, 15.00, Vortragssaal im HdT.: Sondertagung für Theaterbau und Bühnentechnik.

Diese Übergangs(U)-Vorschriften wurden früher als Behelfs(B)- und früher als Kriegs(K)-Vorschriften bezeichnet. Diese B- und K-Vorschriften werden gleichzeitig ungültig.

20. 3. 51, 16.30, Ort wie vor: „Geschichte und Probleme im technischen Bildungswesen“, Prof. Dr.-Ing. Reischer, Essen.  
Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal, Wpt.-Vohw., Rubensstr. 4  
12. 3. bis 16. 3. 51, Kursus: „Vom Wesen des metallischen Zustandes“, Prof. Dr. W. Guertler.

## PERSONLICHES

F. J. Fischer. — Am 31. Jan. beging F. J. Fischer, das frühere Vorstandsmitglied der Koch & Sterzel AG., seinen 60. Geburtstag fern der Heimat in Rußland. Im Aufbau des Transformatorenwerkes Dresden hatte er, schon seit 1910 zur Firma gehörend, die Lebensaufgabe gefunden. Die Elektrotechnik verdankt ihm den Querlochwandler; aber auch der Schubtransformator, Trocken-Spannungswandler und Kaskadentrafos begründeten seinen Ruf als Erfinder und Konstrukteur. Später beteiligte er sich auch maßgebend an der Gemeinschaftsarbeit in der Elektrotechnik. — Das Gedenken und die Glückwünsche seiner Freunde und Fachgenossen werden ihn hoffentlich auch in der Fremde erreichen.

Hochschulnachrichten. — An der T. H. Karlsruhe wurde Prof. Dr.-Ing. Johannes Fischer zum planm. ord. Prof. für Nachrichtentechnik und elektrische Meßtechnik ernannt. J. Fischer ist 1903 geboren, hat in Karlsruhe studiert und promoviert und sich 1935 habilitiert. 1937 bis 1940 arbeitete er in der Industrie, wurde 1940 apl. Prof. an der T. H. Darmstadt und kehrte 1949 als Extraordinarius nach Karlsruhe zurück. Er ist Mitherausgeber des Archiv für Elektrotechnik.

## Brief an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

## Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung.

Zum Vortrag von Prof. Dr. J. Biermanns, ETZ 71 (1950) S. 455, bemerke ich: Die Vorteile, die ein in Teilleiter aufgelöster Leiter gegenüber dem schwer beweglichen Hohlseil für Höchstspannungsleitungen über 200 kV bieten kann, sind mir während der Verlegung der ersten 220/380-kV-Hohlseilleitung des RWE von Voralberg ins Rheinland klar geworden. Das Ergebnis der daraufhin mit meinem Mitarbeiter B. Mengele ausgeführten mehrjährigen Vorarbeiten für die Durchbildung der „Bündelleiter“ ist in den Aufsätzen Elektrotechn. u. Masch.-Bau (1932) H. 35 „Wirtschaftliche Bemessung von Bündelleiter-Leitungen“ festgehalten und wurde außerdem der CIGRE, Tagung 1935 in Paris, im Rapport 249 vorgelegt. Zu gleicher Zeit wurden Schutzrechte angemeldet. Bei Durchsicht der gegenständlichen Literatur stießen wir u. a. auf amerikanische Veröffentlichungen von P. Thomas, J. B. Whitehead und G. Faccioli. In den Arbeiten und Schutzanmeldungen dieser Autoren war wohl von der Aufspaltung des Seiles pro Phase in mehrere Teilleiter die Rede, Zweck der Aufteilung und Anordnung der Teilleiter im Polygon (Bildung einer Reuse) war aber zumeist nur die Herabsetzung des Spannungsgradienten in der unmittelbaren Leiterumgebung zur Vermeidung von Glimmerscheinungen. Dagegen wurden die elektro-physikalischen Eigenschaften und die grundsätzlichen funktionellen Zusammenhänge zwischen Bündelabmessungen, Wellenwiderstand, Übertragungsfähigkeit und Koronafestigkeit meines Wissens zum ersten Mal von uns bearbeitet und in obengenannten Veröffentlichungen abgeleitet. In der Folge wurden daher mir und meinen Mitarbeitern eine Reihe deutscher und österreichischer Schutzrechte erteilt, die bis auf einige unbedeutende Abmessungspatente inzwischen abgelaufen sind. Die ältesten und wichtigsten aus dem Jahre 1930 sind:

1. DRP 596.518, 16. III. 1930 Hochspannungsleitung mit Bündelleitern,
2. DRP 598.397, 16. III. 1930 Hochspannungsleitung mit Bündelleitern,
3. OPN 121.704, 13. I. 1930 Elektrische Leitung mit Bündelleitern,
4. OPN 121.705, 13. I. 1930 Bündelleiter,
5. OPN 126.868, 13. I. 1930 Elektrische Bündelleiter.

Ab 1940 wurden sowohl Messungen und Versuche über das elektrische Verhalten der Bündelleiter angestellt, als auch Versuchsleitungen zur Erprobung des mechanischen Verhaltens in Deutschland und Österreich gebaut, die so-

wohl unsere theoretischen Überlegungen und Bemessungsgrundlagen als auch die mechanische Tauglichkeit der Bündelleiter bestätigen.

Innsbruck, 16. Dez. 1950.

G. Markt

#### Erwiderung

In meinem Kölner Vortrag habe ich mich, wie es im allgemeinen üblich ist, auf die Nennung desjenigen Namens beschränkt, der mit der erstmaligen Veröffentlichung der Idee des Bündelleiters in Zusammenhang zu bringen ist, nämlich desjenigen von Faccioli. Niemand wird bestreiten, daß auch Dr. Markt und Mengele ihre großen Verdienste um die Bündelleiter haben. Doch konnte ich bei der knappen zur Verfügung stehenden Zeit auf derartige historische Dinge nicht eingehen.

Kassel-B., 28. Dez. 1950.

J. Biermanns

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 557.2 : 538.5 (023.5)

**Quirlende elektrische Felder.** (H. 121 d. Samml. Vieweg). Von Fritz Emd e. Mit 119 u. VII S., 41 B. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn. Braunschweig 1949.

Das Buch behandelt in seinem ersten Teil eine Reihe von Problemen aus der Theorie der langsam veränderlichen elektromagnetischen Felder. Bei solchen ist der Rotor der elektrischen Feldstärke nicht identisch gleich Null, daher die Bezeichnung „quirlende Felder“, indem Rotor mit Quirl übersetzt wird. Die allgemeinen Gesetze der Maxwell'schen Theorie werden im großen und ganzen vorausgesetzt und das Augenmerk wird besonders darauf gerichtet, bei den einzelnen Problemen den Zusammenhang mit der allgemeinen Theorie klar herauszuschälen. Bei manchen Beispielen geschieht dies, indem von vorneherein mit speziellen und besonders einfachen Zahlenwerten für die geometrischen Abmessungen, für Spannungen und Stromstärken gerechnet wird (Niederspannungsleitung bestehend aus zwei Kupferschienen, die sich mit ihren flachen Seiten parallel gegenüberstehen, oder Eisenblechpaket). Der Leser erhält daraus einen deutlichen Begriff von den auftretenden Größenordnungen. Doch wäre es wohl zweckmäßig gewesen, im Anschluß daran auch die allgemeinen Rechnungen und Endformeln anzugeben. Weitere behandelte Probleme sind das Eindringen von Magnetfeldern in Metalle, Wellenausbreitung in Metallen, Skin-Effekt. Schließlich wird an Hand der ersten beiden Beispiele gezeigt, wie sich das gesamte elektrische Feld in einen quellenfreien und einen wirbelfreien (quirlfreien) Anteil zerlegen läßt; auf diese Weise wird dem Begriff der induzierten elektrischen Feldstärke als dem ersten Anteil in dieser Zerlegung ein eindeutiger Sinn unterlegt. Es wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß eine solche Zerlegung nur in seltenen Fällen einen Vorteil bei der Berechnung elektromagnetischer Felder mit sich bringt. „Das Rechnen mit Gesamtfeldern ist einer der größten methodischen Fortschritte gewesen, sowohl bei einfachen technischen Rechnungen wie bei dem Aufwand hoher analytischer Kunst“. Im Zusammenhang damit wird am Beispiel des Eisenblechpakets gezeigt, wie sich induzierte Feldstärken durch eingepreßte elektromagnetische Kräfte einer Batterie ersetzen lassen.

Der zweite Teil behandelt die Elektrodynamik bewegter Körper und hier insbesondere die einpolige Induktion, den Versuch von Hering und den Nutenanker und erläutert an diesen Beispielen den Begriff des Bewegungsschwundes. Nach einer Einführung in die vierdimensionale Vektorrechnung wird dann gezeigt, wie sich die Feldgleichungen für bewegte Körper aus denen für ruhende Körper durch eine mathematische Transformation, die Lorentz-Transformation (in welcher natürlich sehr allgemeine physikalische Erfahrungen ausgedrückt sind), gewinnen lassen. Daran schließt sich die Besprechung der Versuche von H. A. Wilson und L. Slepian.

Der dritte Teil schließlich hängt mit den ersten beiden nur insofern zusammen, als auch er sich mit Wirbelfeldern befaßt. Sein Inhalt ist jedoch rein mathematisch. Durch Zerlegung eines Feldvektors  $\vec{F}$  in Betrag  $F$  multipliziert mit einem Einheitsvektor  $\hat{t}$  und Anwendung der Operationen  $\text{div}$  und  $\text{rot}$  entsteht

$$\begin{aligned} \text{div } \vec{F} &= t \text{ grad } F + 2\sigma F \\ \text{rot } \vec{F} &= -[t \text{ grad } F] + \mathbf{b}F/R + t2\sigma F, \end{aligned}$$

worin  $R$  der Krümmungsradius der Feldlinien des Vektor-

feldes an der betreffenden Stelle,  $\mathbf{b}$  ein Einheitsvektor in Richtung ihrer Binormale ist. Die Koeffizienten  $\rho$  und  $\sigma$  werden als Spreizung und Drilling des Vektorfeldes bezeichnet und ihre geometrische Bedeutung wird anschaulich erläutert. In einer anschließenden Untersuchung spezieller Vektorfelder, deren Feldlinien Gerade sind, werden die Hauptsätze der Hamilton'schen Theorie der Strahlenkongruenzen hergeleitet.

Dem Studierenden der Elektrotechnik, der sich bereits mit der Maxwell'schen Theorie beschäftigt hat, und dem fertigen Elektroingenieur dürfte es nicht schwer fallen, den Ausführungen des Verfassers in der ersten Hälfte des Buches zu folgen und aus ihnen Gewinn zu ziehen. Die zweite Hälfte geht mehr einen anderen Leserkreis, den Mathematiker und den Physiker an, und stellt erheblich größere Ansprüche an die Mitarbeit des Lesers. Der Mathematiker, welcher etwas mit der Affinor-Rechnung vertraut ist, wird gerne den letzten Abschnitt über die Kraftliniengeometrie lesen; doch dürfte die etwas schwerfällige vierdimensionale Vektorsymbolik manchen Physiker einen anderen Zugang zur Lorentz-Transformation und zur Elektrodynamik bewegter Körper vorziehen lassen.

J. Meixner

DK 621.396 (022.4)

**Einführung in die Funktechnik.** Verstärkung, Empfang, Sendung. Von F. Benz. 4. Aufl. Mit 736 u. XX S., 705 B., 33 Taf., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 42,—, geb. DM 45,60.

Das Buch war während des Krieges in 3. Auflage erschienen und ist jetzt wesentlich erweitert und dem neuesten Stand der Hochfrequenztechnik angepaßt worden. Dieses Gebiet hat sich in den letzten Jahren bekanntlich durch die überaus schnell fortschreitende Entwicklung so ausgedehnt, daß man bei Gesamtdarstellungen ähnlich wie bei der Physik dazu übergegangen ist, den Stoff auf mehrere Bücher zu verteilen, von denen jedes von einem Spezialfachmann bearbeitet wird, oder man beschränkt sich nur auf die hochfrequenztechnischen Grundlagen unter Ausscheidung aller Nebengebiete. Der Verfasser ist einen mittleren Weg gegangen, indem er das Arbeitsgebiet ziemlich weit faßte und die Darstellung in einem einzigen Buch durch knappe Form ermöglichte. Ein solches Verfahren ist in bezug auf Stoffauswahl und Stoffbegrenzung nicht ganz einfach, doch kann dem Verfasser bestätigt werden, daß ihm die Durchführung im wesentlichen gut gelungen ist.

Im ersten Abschnitt werden die allgemeinen Grundlagen behandelt, so z. B. die allgemeinen Gesetze der Wechselstromtechnik, Grundlagen der Vierpoltheorie, Schwingungskreise und ihre Bestandteile, elektrische Wellen im Raum und längs Leitungen, Hohlraumwellen, Theorie der modulierten Schwingung, Bau- und Isolierstoffe usw. Der zweite Abschnitt behandelt die Elektronenröhren einschl. Photzellen, Kathodenstrahlröhren, gasgefüllte Röhren. Der dritte ist der Niederfrequenzverstärkung und Elektroakustik gewidmet. Der vierte Abschnitt enthält die Empfänger- und der fünfte die Sendertechnik. In diesem letzten Abschnitt werden auch kurz die Theorie und Praxis der Laufzeitröhren, ferner die Antennen und Richtstrahler behandelt. Ausführliche Literaturangaben sind in Fußnoten enthalten. Man könnte vielleicht die Frage stellen, ob es zweckmäßig ist, die Auswahl des Stoffes und seine Begrenzung so weit zu fassen und Vierpole, Rechnen mit komplexen Zahlen usw. mit aufzunehmen, da über diese Sondergebiete preiswerte und handliche Bücher existieren.

Die Darstellung ist knapp und klar gehalten. An Kenntnissen werden die üblichen Grundlagen der höheren Mathematik vorausgesetzt. Bei den Berechnungen konnte in verschiedenen Fällen nur das Ergebnis ohne Ableitung angegeben werden. Die äußere Ausstattung ist sehr gut. Ein sehr ausführliches, 20 Seiten langes Namen- und Sachverzeichnis erleichtert die Benutzung.

Das Werk ist zum Studium und zum Nachschlagen geeignet und kann bestens empfohlen werden.

L. Pung

DK 621.311.24 (02)

**Windkraftwerke.** Von Prof. Dr. Hans Witte. Mit 194 142 B., 25 Taf., Format 17×23 cm. Rudolf A. Lang Verlag, Pöbneck 1950. Preis Hlw. DM 12,60.

Das Werk behandelt einleitend die energiewirtschaftlichen Fragen der Gegenwart und Zukunft und überzeugt, daß die zunehmende Steigerung der Energieerzeugung Gefahr einer frühzeitigen Erschöpfung der Kohlevorräte

heraufbeschwört. Darauf folgend wird der Wind und sein Leistungsvermögen eingehend betrachtet und der Energieumsatz durch das Windrad formelmäßig erfaßt. Unter den Bauelementen der Windkraftanlagen wird der Turm unter Berücksichtigung letzter Entwicklungsergebnisse gründlich dargestellt. Sehr beachtlich und vielen neu wird das Rechnungsverfahren über die günstigste Schnellläufigkeit des Windrades sein. Der Abschnitt über die Regelung zeigt dieselbe erschöpfende Behandlung wie die vorausgegangenen Kapitel, besonders die elektrischen Regelprobleme — darunter des Drehstrombetriebes — werden ausgiebig an Hand der vielen angewandten und vorgeschlagenen Systeme gewürdigt. Das darauf folgende Kapitel über Windmühlen und Windräder berichtet aus der Geschichte der Windkraft, um sich dann mit den ehemals so weit verbreiteten Windmühlen und deren Verbesserungen, sowie Sonderausführungen, darunter auch dem Savoniusrotor, zu befassen. Eine ganze Reihe interessanter neuzeitlicher Windkraftwerke — projektiert wie ausgeführt, bewährt wie nicht bewährt — werden im Anschluß daran beschrieben, und, obwohl die Zusammenstellung qualitativ nicht lückenlos ist, bekommt der allgemein Interessierte damit ein gutes Bild von dem letzten Stand der Windkraftmaschinenteknik. Die betriebswirtschaftlichen Betrachtungen am Schluß des Buches geben Aufschluß über die zu erwartenden Strom- und Energiekosten der verschiedensten Größen von Windkraftanlagen.

Die Windkraft hat in den letzten Jahren, wenigstens entwicklungsmäßig, einen großen Auftrieb erhalten und so ist die Neuerscheinung eines Buches über dieses Thema wirklich begrüßenswert, zumal die Veröffentlichung von berufener Seite aus der Feder des Vorsitzenden der ehemaligen Reichsarbeitsgemeinschaft Windkraft erscheint. Das vorausgesetzte und angestrebte Niveau des Buches, das den Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erhebt, ist nicht immer gleich. So lassen die Darstellungen der Regelungsfragen die Tiefe vermissen, mit deren Hilfe allein man diese wichtigen und teils heute noch offenen Probleme lösen kann. Die hierfür so wertvollen graphischen Darstellungen des Kennlinienzusammenwirkens zwischen Windrad und angetriebener Maschine — die einzige exakte Analyse des Betriebsverhaltens — wird leider trotz der sonst erfreulich guten Illustration ganz vermißt, wodurch teils unrichtige Angaben, z. B. daß Schnellläufer im aufsteigenden linken Ast der Kennlinie generell als instabil bezeichnet werden (welchen weitverbreiteten Irrtum die in dem Werk so ausgiebig zitierten Untersuchungen von Kloss über den Drehstromantrieb durch Windkraftanlagen ja gerade richtig stellen wollen (!)) das Bild noch mehr verwirren können. Die betriebswirtschaftlichen Untersuchungen erscheinen manchmal sehr optimistisch, wie man z. B. die Angaben über die Anlagekosten von Kleinwindkraftwerken entschieden als zu niedrig bezeichnen muß, so daß man — ohne Verkenntung der angestrebten Objektivität der Darstellungen — an manchen Stellen die nötige Skepsis vermißt, mit der energiewirtschaftliche Experten heute der Windkraft leider begegnen müssen. Nichts desto weniger erhält der technisch gebildete wie der Fernerstehende mit diesem interessanten Buch einen umfassenden und guten Einblick in dieses heute so sehr umstrittene Gebiet der Technik — vielleicht den besten, den die einschlägige Literatur geboten hat.

G. Seidel

DK 621.87 (022.4)

**Hebezeuge.** Von Prof. Dr.-Ing. Hellmut Ernst. Bd. I: Grundlagen und Bauteile. Mit 300 S., 494 B., Format 19,5×15 cm. Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig. Preis geb. 28,75 DM.

Von dem auf 3 Bände berechneten Werk des bekannten Kranfachmannes ist der erste Band erschienen, der die Grundlagen und Bauteile der Hebezeuge behandelt. Den Elektrotechniker interessiert besonders, daß das Buch eine richtige, aber vollständige Darstellung des Gesamtgebietes der elektrischen Ausrüstung für Hebezeuge enthält. Auf insgesamt 300 Seiten mit vielen Bildern und Tabellen wird die moderne elektrische Ausrüstung für aussetzenden Hebezeuge behandelt; die richtige Auslegung und Auswahl der Motoren und Steuergeräte sowie der Schaltungen werden eingehend und charakteristische Bauarten von Bremslüftern, Lichteinrichtungen und Stromzuleitungen beschrieben. Dem Fachmann ist allen Fachleuten bekannt, welche großen Schwierigkeiten die Konstruktion nicht nur Maschineningenieure, sondern auch viele

Elektrotechniker begegnen, wenn es gilt, einwandfreie Lösungen für Kranantriebsausrüstungen zu schaffen. Das Buch von Prof. Ernst bringt die letzten Ergebnisse der Untersuchungen und Entwicklungen auf diesem Spezialgebiet in besonders übersichtlicher und handlicher Form. Ausführliche Schriftumsangaben ermöglichen jede gewünschte Vertiefung der Kenntnisse, soweit sie durch das Buch selbst nicht geboten werden können.

H. Renker

DK 621.315/316 (021.4)

**Installations électriques à haute et basse tension.** (B. II: Production, transport et distribution de l'énergie électrique). Von Prof. A. Mauduit. 2. Aufl. Mit 858 S., 428 B., Format 16×25 cm. Verlag Dunod, Paris 1950. Preis geb. sfrs. 4850,—.

Die zweite Auflage auch des Bandes II — Band I erschien 1949 neu<sup>1</sup> — hat selbst die höchsten in die Neuaufgabe dieses Werkes gesetzten Erwartungen übertroffen. Vor uns liegt ein Werk, dessen wissenschaftliche Gründlichkeit dem Verfasser, zugleich aber auch den Hochschulen Frankreichs zur besonderen Ehre gereicht. Als Fortsetzung von Band I (Kap. I...V) behandelt Band II in 5 weiteren Kapiteln (VI...X) Aufbau und Wirkungsweise aller Einrichtungen und Verfahren, deren sich die moderne Kraftübertragungstechnik bedient. Ausgeführte Anlagen und ihre konstruktiven Lösungen werden nur insoweit beschrieben, als sie für den erreichten Stand der Entwicklung charakteristisch und deshalb von besonderem Interesse sind. Dafür ist der Theorie der Verfahren und Konstruktionen ein umso größerer Raum gewidmet und dadurch dem Buch bleibender Wert auch bei schneller Weiterentwicklung der Kraftübertragungstechnik gesichert. — Kap. VI behandelt die wichtigsten Geräte der Übertragungstechnik, vor allem die Isolatoren aller Art und die Schalter. Die Theorie des Abschaltens großer Leistungen durch Schalter aller gängigen Typen wird besonders ausführlich gebracht, die Wiederkehrspannung nach der Operatorenrechnung von Heaviside berechnet. — Kap. VII beschäftigt sich mit den Schutzverfahren und -einrichtungen für Freileitungs- und Kabelnetze, Generatoren und Transformatoren. Kap. VIII bringt sehr ausführlich in klassischer Form die Theorien über das Entstehen der Überspannungen, die Schutzvorrichtungen für Freileitungen, umlaufende Maschinen und insbesondere Transformatoren. Mit Hilfe der Operatorenrechnung und des zeichnerischen Verfahrens von Bergeron<sup>2</sup> wird die Ausbreitung der nichtstationären Vorgänge und der Wanderwellen auf den elektrischen Leitungen untersucht. Abschließend behandelt der Verfasser noch die Stoßprüfung der Transformatoren und den Gebrauch moderner Überspannungsableiter zur Koordinierung der Isolation<sup>3</sup>. — Kap. IX beschäftigt sich mit der praktischen Ausführung der Verteileranlagen. Es werden die Regler in den Kraftwerken, die Freileitungen und Unterstationen, die Technik des Erdens, die Niederspannungsnetze, Akkumulatoren u. a. behandelt. — Kap. X befaßt sich mit dem praktischen Betrieb der Übertragungsnetze und bringt Diagramme, Untersuchungen über die statische und dynamische Stabilität der Netze, die Lastverteilung und die Regeltechnik im Verbundbetrieb der Kraftwerke, die Spannungsregelung der Netze, den Einsatz der Phasenschieberkondensatoren und abschließend auch Richtlinien für die Ermittlung der Gesteungskosten und die neuzeitliche Preisbemessung der elektrischen Arbeit.

Das meisterhaft geschriebene Buch vermittelt den Studierenden und Ingenieuren in glänzender Weise und — durch die Feinheiten der französischen Sprache — zugleich mit hohem Genuß das umfangreiche wissenschaftliche Rüstzeug, dessen sie zu erfolgreicher Arbeit gerade auch auf dem Gebiete der Kraftübertragungstechnik bedürfen. Druck und Ausstattung des Buches entsprechen der beim Verlag gewohnten Güte. Das Buch verdient, auch in andere Kultursprachen übersetzt zu werden.

H. Schulze-Auma

DK 621.38 (022.3)

**Industrial Electronics Reference Book.** Von Ingenieuren der Westinghouse-Electric Corp. 680 S., zahlr. B. u. Taf., Format 21×29,5 cm. John Wiley & Sons, Inc., New York 1948; Preis geb. US \$ 8,50.

Dieses Buch ist ein Musterbeispiel für zahlreiche ähnliche amerikanische Bücher aus diesem Gebiet, das durch seinen Umfang und durch die herausgebende Firma beson-

<sup>1</sup> Bespr. in ETZ 61 (1950) S. 227.

<sup>2</sup> Vgl. a. Bull. Soc. franç. Electr. (1937) S. 979; Rev. gén. Electr. 46 (1937) S. 589.

<sup>3</sup> Vgl. Vorschrift VDE 0111.

dere Bedeutung erhält. Unter „Electronics“ verstehen die Amerikaner ja das gesamte Anwendungsgebiet der Elektronenröhren und der Gasentladungsröhren, sogar Anwendungen der ultraroten und ultravioletten Strahlung. Neben dem, was sonst auch deutscherseits unter diesem Titel abgehandelt wird, physikalische Grundlagen, Elektronenemission, Elektrizitätsleitung in Gasen, Kathodenstrahlröhren, Schaltelemente und Schaltungen der Nieder- und Hochfrequenz, werden hier auch die Steuerungsprobleme behandelt, bei denen Elektronenröhren, Gasentladungsröhren und Photozellen eingesetzt sind. Die einzelnen Abschnitte sind unterschiedlich lang ausgefallen, doch gibt jeder Abschnitt eine ausreichende Belehrung über das behandelte Gebiet, ohne daß etwa Handbuchcharakter erstrebt wird.

Abschnitte, die für den deutschen Ingenieur am wertvollsten sein werden, da auf diesem Gebiet die amerikanische Industrie der deutschen und wohl auch der europäischen Industrie voraus ist, sind: Hochfrequenzheizung, elektronische Instrumente, industrielle Anwendung der Röntgenröhren, Röhrensteuerung von Motoren, Regelprobleme, Röhrensteuerung der Widerstandsschweißung, industrielle Steuerung durch Photozellen.

Die große Zahl der Abbildungen und Diagramme macht das Buch besonders wertvoll. W. Kleinstüber

DK 621.791.755 (023.2)

**Fachgerechtes Lichtbogenschweißen.** Von Karl-Heinz Reilensmann. Mit 98 S., 104 B., Format DIN A 5. Verlag Handwerk u. Technik, Hamburg 1950. Preis kart. DM 2,90.

Der Verfasser hat vor allem für den Schweißer in sehr verständlicher Form das Wesen und die praktische Anwendung der Lichtbogenschweißung in ihrer Vielfältigkeit herausgebracht. Sehr wertvoll sind die zahlreichen praktischen Beispiele und Vergleiche von richtigem und falschem Vorgehen. Der Fachmann im Büro oder im Betrieb kann sich einen sehr brauchbaren Überblick über den heutigen Stand dieses wichtigen Fertigungsverfahrens verschaffen und manche interessanten Hinweise für seine Arbeit finden. Alles in allem ist es ein recht brauchbarer Beitrag für alle, die mit der Lichtbogenschweißung zu tun haben. L. Pröls

DK 621.979 (023.1)

**Die unfallsichere Gestaltung von hand- und fußbetriebenen Pressen.** Von G. Klöniger. Mit 32 S., 28 B., Format DIN A 5. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Bielefeld, München 1950. Preis geh. DM 1,80.

Der Verfasser hat hier umfangreiches Material zusammengetragen und in anschaulicher Form die Wirkungsweise der verschiedensten Konstruktionen gezeigt. Die eingangs gezeigte Einhandsicherung an Handrad-Pressen dürften wohl am wirksamsten und einfachsten sein, doch sollte dann der Sicherungshebel mit einer Reihe von Rastenzähnen versehen sein. Die in größerer Anzahl beschriebenen einstellbaren Schutzeinrichtungen, wie Bügel, Gitter usw., werden in der Praxis besonders bei kleineren Stückzahlen — d. h. bei öfterem Werkzeugwechsel — vergessen nachzustellen und dann ist die Gefahr wieder vorhanden oder noch größer. Auch muß man bestrebt sein, teure Einstellzeiten zu vermeiden. Dem Schutz am Werkzeug selbst und den sogenannten Schieberwerkzeugen hätte ein etwas breiterer Raum gewidmet werden können, denn so geschützte Werkzeuge lassen sich jederzeit unfallsicher einsetzen. Oft läßt sich auch eine unfallgefährliche Arbeit von hand- und fußbetriebenen Pressen auf besser zu schützende motorisch angetriebene Pressen verlegen. Die abgebildeten Zweihandsperren sind als sehr problematisch zu bezeichnen, denn die Berufsgenossenschaften lassen z. B. für Exzenterpressen Einrückungen mit Nacheinanderschaltung nicht zu. Es wäre noch zu erwähnen gewesen, daß aus gesundheitlichen Gründen Frauenarbeit an Fußendelpressen grundsätzlich zu verwerfen ist, auch bei schweren Arbeiten für Männer dürfte sie auf die Dauer zu Schäden führen.

Es ist erfreulich und auch an der Zeit, daß ein solches Heft erschienen ist; für viele wird es ein wertvoller Hinweis sein, hand- und fußbetriebene Pressen unfallsicherer zu gestalten. H. Hajek

DK 621.315.616 (023.1)

**Im Zeitalter der Kunststoffe.** Von Kurt Brandenburger. 3., neubearb. Aufl. Mit 98 S., 36 B., Format 15,5x22 cm. Carl Hanser-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 4,20.

Das Buch hat zum Ziel, dem Kunststoffgebiet fernstehenden Technikern und technisch interessierten Laien einen Einblick zu geben. Das ist dem Verfasser gut gelungen. In

flüssiger und technisch anschaulicher Sprache beschreibt er unter bewußtem Verzicht auf wissenschaftliche Darstellungen in großen Zügen den heutigen technischen Stand und, was einen das Buch besonders gern lesen läßt, wie es historisch zum heutigen Stand gekommen ist und welche verdienstvollen Männer die einzelnen Entwicklungen maßgebend gefördert haben. Dabei werden alle wesentlichen Gebiete behandelt: die verschiedenen Kunststoffarten und ihre Weiterverarbeitung zu Preßmassen, Spritzgußmassen, Imprägniermassen, Fasern usw., die Formgebungsverfahren und die Anwendungen für wichtige technische Zwecke und für den täglichen Bedarf. Gute Bilder tragen zum Verständnis des Gelesenen bei.

Für den oben umrissenen Leserkreis und auch für Lernende kann deshalb das Büchlein, das vom Verlag gut ausgestattet ist, bestens empfohlen werden. G. Ehlers

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Braunschweiger Hochschulführer 1950—1951.** Hrsg. Allgemeiner Studentischer Ausschuss der T. H. Braunschweig. Mit 206 S., vielen B., Format DIN A 5. Verlag Giersen & Co., Düsseldorf 1950.

[Der Asta Braunschweig überreicht den diesjährigen Hochschulführer seiner T. H., der in der üblichen Anordnung dem neuen Studenten alles Wissenswerte über seine alma mater, das studentische Leben und die studentischen Verbindungen sagt. Auch der Alte Herr wird das Buch gerne in die Hand nehmen, sich an seine Studijahre erinnern und mit Interesse lesen, wie die heutige Studentengeneration lebt.] BV

**Vita Publica 5 (1950) H. 1/2: Neue Elektrizitätswerke im Bau und Planung.** Mit 94 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Vita Publica Verlagsgesellschaft mbH., Luzern 1950. Preis der Einzelnummer 6,50 sfrs., Jahresabonnement (12 Hefte) 46,— sfrs.

[Das auf Kunstdruckpapier hergestellte Sonderheft gibt mit zahlreichen Einzelarbeiten einen guten Einblick in die Probleme und die Leistungen der Schweizer Elektrizitätswirtschaft. Besonders hervorgehoben seien die Berichte über Bau und Planung von Werken.] R

**AEG-Preisliste 1950.** Auszug aus den Sonderpreislisten. Mit 424 S., zahlr. B., Format DIN A 5. Hrsg. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Frankfurt a. M. 1950.

[Die Liste bietet einen Überblick über das Fabrikationsprogramm der AEG, beschränkt sich allerdings im wesentlichen auf die Starkstromtechnik. Vor allem für Motoren aller Art, aber auch für Zusatzgeräte, Gleichrichter, Transformatoren und Leitungen werden neben dem Preis technische Daten und Abmessungen angegeben.] R

**Gestaltung und Anwendung von Gummitellen.** VDI-Richtlinien 2005. 3. Aufl. Mit 23 S., 111 B., Format DIN A 4. Deutscher Ingenieurverlag, Düsseldorf 1950. Preis geh. 3,50 DM.

**La technique du chauffage électrique.** Ses applications domestiques et industrielles. Bd. I: Théories et calculs. Von Ch. Frérot. Mit 503 S., 69 B., zahlr. Tafeln, Format 16x25 cm. Verlag Gauthier-Villars Paris 1950. Preis geh. 2300,— sfrs.

**Röhrenliste.** Ausgabe Januar 1950 mit 34 S., zahlr. Tabellen; Format DIN A 4. 2. Röhrenliste 1950 mit 30 S., zahlr. Tabellen; Format DIN A 4. Hrsg. Steg, Staatl. Erfassungsgesellsch. f. öffentl. Gut, Neuauflage München 1950. Kostenlos.

**Licht im Raum.** Mit 26 S., 20 B., zahlr. Taf., Format DIN A 4. Hrsg. Siemens-Schuckertwerke AG., Erlangen 1950.

**Kleintransformatoren für Einphasenwechselstrom.** Von Eugen Hager. Mit 112 S., 106 B., mehreren Taf., Format DIN A 5. Otto Metzler Verlag, Ravensburg 1950. Preis kart. 4,80 DM., Hlw. 5,80 DM.

**Altstoffe und Abfälle in privaten und öffentlichen Betrieben.** Von Philipp Haas. Mit 96 S., 8 B., Format DIN A 5. Markwart-Verlag Berlin 1950. Preis kart. 3,60 DM.

**Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. II: Elektrizitätslehre.** Von L. Bergmann u. Cl. Schaefer. Mit 501 u. VIII S., 652 B., Format 18x25 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Preis Gw. 28,— DM.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. F. Bergtold, 1. Fa. Telefunken, Apparatewerk Bayer-Dachau, Bayernstr. 2.  
Dr.-Ing. Erich Klüss, Krefeld, Ritterstr. 264.  
Dr. F. E. Pliener, Addison Electric Company, 163 Holland Park Avenue, Kensington, London W. 11.  
Obering. K. Reiske, Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen.  
Dr.-Ing. F. Spandöck, Siemens & Halske AG, Karlsruhe, Vorholtstr. 1.  
Ziv.-Ing. A. Schwarz, Berlin-Zehlendorf, Arantische Allee 204.  
Dr.-Ing. J. Stieger, c/o Aniem, Surabaya (Indonesien).

Diesem Heft liegen Prospekte der Fa. Dr.-Ing. H. Hitzblock, Düsseldorf, über Schaltanlagen und der Fa. Pantarol-Werk Joachim Reich, Karlsruhe, über den unsichtbaren Pantarol-Metallschutz gegen Oxydation blanker Metalle, bei. — Bitte lesen Sie diese Druckschriften.

Abschluß des Heftes: 2. Februar 1951.

Schriftleitung: G. H. Winkler (für den Inhalt verantwortlich) und K. Egerer. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Eberfeld, Brillier Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377 08.

Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Eberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postfach 667, Fernruf 379 59, Postcheckkonto Köln 987 48.

Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj.) einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj.) zuzügl. Zustellgebühr.

Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. März 1951

Heft 5

## Anwendungsgrenzen von Keramik- und Harzpreßteilen in der Elektrotechnik, insbesondere im Niederspannungs-Schaltgerätebau

Von Herbert Franken, Bonn

DK 621.315.612 : 621.315.616.004

**Übersicht.** In dem Aufsatz wird auf Wunsch der Schriftleitung die Frage behandelt, wann der Konstrukteur elektrischer Niederspannungsgeräte vorteilhafter Harzpreß- oder Keramikteile wählen soll. Die Werkstoffeigenschaften werden gegeneinander abgewogen, ihre Anwendung im einzelnen wird an Beispielen erläutert.

Während vor 20 Jahren praktisch nur Keramik und einige Kaltpreßstoffe als Isolierstoffe bei der Massenerzeugung von Geräten in der Elektrotechnik verfügbar waren, hat sich in den 30er Jahren durch den stürmischen Einsatz der gummi-freien Preßstoffe das Bild wesentlich verschoben. Sie werden heute von der Niederspannungs-Elektrotechnik überwiegend verarbeitet. Die Keramik ist infolgedessen auf einen viel engeren Bereich zurückgedrängt worden. Kennzeichnend für diese Situation ist die Tatsache, daß ein bekanntes Werk des Schaltgerätebaues, das ein eigenes Isolierstoffwerk mit einer keramischen und einer Preßstoffgruppe betrieb, nach der völligen Zerstörung im Kriege sich nicht mehr entschließen konnte, das keramische Werk wieder aufzubauen, obgleich seine Erzeugnisse sich im Rahmen der Gesamtkeramik für Niederspannungsgeräte eines guten Rufes erfreuten. Die Frage der Abgrenzung der Bezirke ist dementsprechend berechtigt. In Betracht kommen bei der Keramik vor allem Steinzeug und Steatit. Steinzeug ist insbesondere geeignet für größere Gebilde, Steatit besonders für Massenteile höchster Genauigkeit; es ist mechanisch fester als Porzellan bei kleinen dielektrischen Verlusten. Es handelt sich um die Gruppen IIA, IIB<sub>1</sub> und IIB<sub>2</sub> nach DIN 40685.

### Wirtschaftliche Fragen

Die Forderung nach wirtschaftlichen Konstruktionen drängt zum Einsatz organischer Kunststoffe, wobei man mit Bedauern feststellen kann, daß allein volkswirtschaftlich gesehen die Keramik mit ihrer Beschränkung auf die Kohle als Brennmaterial und die Verwendung von Tonen u. dgl., die in genügender Menge vorhanden sind, wünschenswerter wäre. Die Keramik ist billiger, aber von allen anderen Vorzügen abgesehen ist allein die Tatsache wichtig, daß es sich bei den Konstruktionen auf Preßstoffbasis gegenüber Keramik um Erzeugnisse mit erheblich geringeren Gewichten handelt (bei gleichen Abmessungen schon i. M. etwa 1:2) und daß andererseits die Herstellungszeiten dieser Teile bedeutend kleiner sind als die der Keramik. Von Bedeutung ist, daß für das Harzpreßstück bei vorhandenem Werkzeugpark nur das Lager an Preßmasse notwendig ist, um im Zeitraum von meist nur wenigen Minuten das gewünschte Endprodukt zu erhalten. Man kann Harzpressen in die Nähe der Fließbänder bringen und die Erzeugnisse direkt auf das Band gehen lassen. Die Herstellung keramischer Teile erfordert längere Zeiträume. Die Rohlinge müssen hergestellt, getrocknet und schließlich gebrannt und abgekühlt werden. Der Prozeß ist notgedrungen staubiger, er kann nicht dezentralisiert und nicht an die Fertigungsstellen herangebracht werden.

### Die unterschiedlichen Eigenschaften

Bei der Beurteilung der Frage Keramik oder Preßstoff ist weiterhin zu beachten, welchem Zweck die betreffenden

Teile dienen. Handelt es sich lediglich darum, Konstruktionselemente zur Übertragung von Kräften oder für Kapselungen und dergleichen zu haben oder müssen auch elektrische Eigenschaften oder Wärmebeständigkeit gefordert werden? So sind viele Eigenschaften beim Vergleich der beiden Stoffgruppen zu beachten. Bei manchen sind die Unterschiede im Bereich der Niederspannungstechnik ohne Bedeutung. Dazu gehören fast alle elektrischen Werte, wie Durchschlagfestigkeit, Oberflächenwiderstand u. dgl. mit Ausnahme des Kriechstromverhaltens und des Verhaltens gegen den Lichtbogen. Dazu gehört weiterhin das Verhalten gegen korrodierende Angriffe. Da dies nicht allgemein bekannt ist, soll weiter unten hierüber noch einiges gesagt werden.

Einen rohen Hinweis auf Wertunterschiede bietet nachfolgende Charakterisierung (Tafel 1) einiger wesentlicher Werte, die, soweit erforderlich, später noch eingehender behandelt werden.

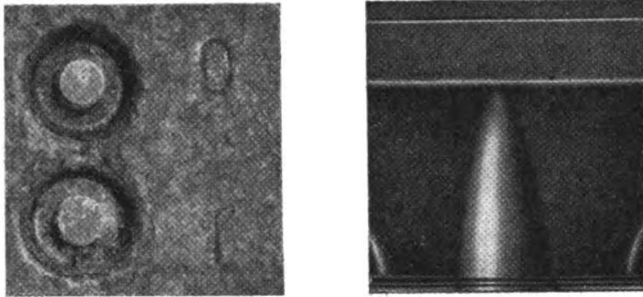
Tafel 1. Eigenschaften von keramischen im Gegensatz zu den Harzpreßstoffen.

Eigenschaft	Verhalten der Keramik	Verhalten der Preßstoffe
Korrosion	sehr gut	sehr gut
Zug- u. Druckfestigkeit	gut	gut
Schlagbiegefestigkeit	schlecht	verschieden je nach Sorte
Starrheit	sehr gut	gering
Elastizität	gering	gut
Temperaturbeständigkeit	gut	schlechter
Genauigkeit	schlecht	gut
Kriechstromfestigkeit	gut	verschieden je nach Sorte
sonst. elektr. Werte	gut	gut

### Die Korrosion

Daß die Keramik praktisch allen Angriffen der Säuren usw. standhält, beweisen schon die Scherben, die allerorten seit Vorzeittagen im Boden liegen. Daß Kunstharz-Preßstoffe eine ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit besitzen, weil sie beim Verpressen gehärtet werden und ihre Löslichkeit verlieren, ist noch weniger bekannt. Es gibt kaum ein Mittel, ein ausgehärtetes Preßstoffstück wieder zu zerlegen, d. h. das Harz aufzulösen. Zwar ist es der Chemie gelungen, allmählich solche Mittel zu schaffen; das sind aber ganz bestimmt zusammengesetzte Chemikalien, deren Mischungsverhältnisse genau beachtet werden müssen. Außerdem ist ein Kochprozeß von langer Dauer notwendig, um das Harz aufzulösen. Schon aus dieser Tatsache geht hervor, daß es um die Widerstandsfähigkeit der Preßstoffe sehr gut bestellt sein muß, und das hat auch die Praxis erwiesen. Metallen sind sie hoch überlegen. Man braucht nur daran zu erinnern, daß diese alle mehr oder weniger säureempfindlich sind. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die preßstoffgekapselten Geräte den atmosphärischen Einflüssen viel besser standhalten als irgendwie metallgekapselte. Wenn letztere nicht unausgesetzt mit Schutzüberzügen und Anstrichen versehen werden, zerfallen sie unweigerlich an vielen Stellen im Laufe

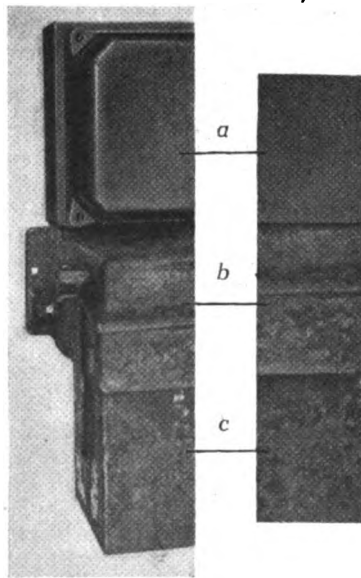




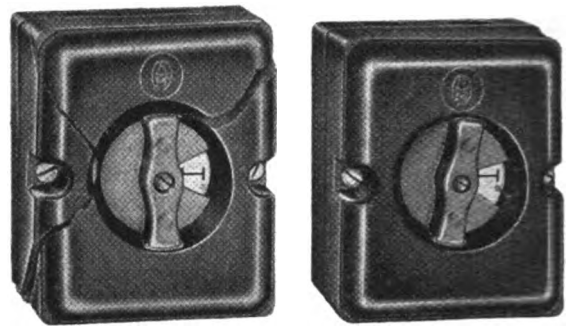
ETZ 365  
Bild 1. Geräte aus einer Gerberei (links Metall, rechts Preßstoff).

der Zeit. Bei Preßstoffen ist das nicht der Fall. Hier wird allenfalls durch Feuchtigkeit, durch Wind und Wetter die glänzende Preßhaut verschwinden und das Gerät etwas unansehnlicher. Es handelt sich dann nicht um einen chemischen Angriff, sondern nur um eine oberflächliche Quellung durch Wasseraufnahme. Sie ist bei den gehärteten Stoffen nachweisbar, aber bei Raumtemperatur und üblichen relativen Feuchtigkeiten von 65...85% ist die Veränderung der Stückgrößen noch ohne jede Bedeutung. In chemischen Fabriken wird im allgemeinen nicht einmal die Preßhaut irgendwie angegriffen. Das Verhalten von Metall und Preßstoff bei solchen Angriffen zeigt Bild 1 an Oberflächenabschnitten von Geräten aus einer Lederfabrik (Gerberei). Das Metallgerät (links) hatte Stahl-, Guß- und Messingteile an seiner Oberfläche, die von der Chromsäure weitgehend angegriffen waren, während der Preßstoff (rechts) seine glänzende Oberfläche behalten hatte. Bild 2 zeigt ähnliche Bilder aus einer Sodafabrik, von einem Oltopf aus Stahlblech, einer Abdeckplatte aus Gußeisen und einer Relaisabdeckplatte aus Preßstoff. Das Ergebnis war das gleiche wie bei dem Gerät nach Bild 1.

Nun einige wichtige Punkte, in denen sich die Stoffe hinsichtlich ihrer Eigenschaften stark unterschiedlich verhalten. Das sind einmal die Werte der mechanischen Festigkeit. Keramische Teile gehören zu den spröden Elementen. Ihre Druckfestigkeit und Zugfestigkeit ist verhältnismäßig hoch, aber eine Bruchdehnung besitzen sie nicht. Irgendwelche Elastizitätserscheinungen sind praktisch nicht zu beobachten. Bei den Kunstharz - Preßstoffen gibt es ebenfalls spröde, wenn auch bei weitem nicht so leicht splittende Teile. Aber hier hat man Mittel in der Hand, diese Schwierigkeiten zu umgehen und die Stoffe zu sehr festen umzugestalten mit einem hohen Maß von Schlagbiegefestigkeit. Durch geeignete Wahl der Füllmittel kann die Stoßfestigkeit sehr hoch gesteigert werden. Leicht splittend sind die Stoffe, bei denen die Füllstoffe körnig sind, z. B. der Typ 31, früher S. Hohe Stoßfestigkeit weisen diejenigen auf, die als Füllstoffe Fasern verwenden, gleichgültig ob es sich um organische oder anorganische Fasern handelt, um Textil-, Zellulose- oder um Asbestfasern u. ä. Je länger die Fasern desto besser. Die erste Vergleichsziffer in dieser Richtung ist die Schlagbiegefestigkeit, ausgedrückt in  $\text{cmkg/cm}^2$ . Sie liegt bei keramischen Stoffen etwa in der Größe von 2...5, bei Preßstoffen liegt sie bei organischen, pulverförmigen Füllstoffen



ETZ 366  
Bild 2. Geräte aus einer Sodafabrik (a Preßstoff, b Gußeisen, c Stahl).

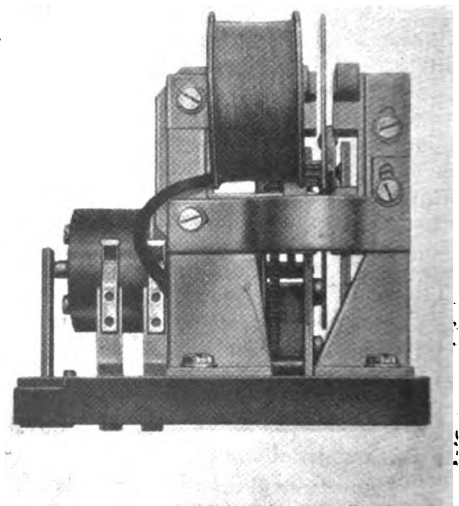


ETZ 367  
Bild 3. Festigkeit der Isolierstoffkapselung, links ohne, rechts mit Fasereinlage nach Wurf.

über 6, bei faserigen Füllstoffen steigt sie auf 8...15, bei Gewebereinlagen sogar bis  $25 \text{ cmkg/cm}^2$ . Verhältnismäßig noch stärker steigt die Kerbzähigkeit. Es ist aber bereits früher nachgewiesen worden [1], daß die wirkliche Steigerung der Stoßfestigkeit bei Preßstoffen bedeutend größer ist, als die Steigerung der Schlagbiegefestigkeit und Kerbzähigkeit vermuten läßt. Leider wird in der Elektrotechnik von den Vorzügen dieser faserbehafteten Stoffe im besonderen bei Kapselungen noch zu wenig Gebrauch gemacht. Natürlich sind sie ein gut Teil teurer als die mit pulverigem Füllstoff. Die Steigerung der Widerstandsfähigkeit (Bild 3) ist in der Praxis aber im Verhältnis vielmals größer als die Preissteigerung; die Geräte nach Bild 3 fielen aus gleicher Höhe herab. Die Oberflächen der festen, aus faserstoffhaltigen Preßmassen hergestellten Stücke sind nicht so hoch glänzend wie die leicht splittenden mit Mehlfüllung, so daß z. Zt. der mehr oder weniger hohe Glanz der Preßhaut ein erstes Maß für die Stoßfestigkeit ist.

Ein weiteres Moment ist die Starrheit. Keramische Teile sind praktisch vollständig starr, Kunstharz-Preßteile dagegen weitgehend elastisch. Der Elastizitätsmodul liegt für härtbaren Preßstoff etwa zwischen  $6 \text{ und } 12 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$ , für Gußeisen bei  $200 \cdot 10^4$ , Steatit etwa  $100 \cdot 10^4$ .

Es gibt nun manches Konstruktionselement, das der Elastizität, die in vielen Fällen, vor allem bei den Kapselungen als Vorteil zu werten ist, nicht ausnutzen und auch nicht vertragen kann. So z. B. ist die Grundplatte für das aufgebaute Ferrariswerk nach Bild 4 nach Umstellung von Keramik auf Preßstoff erst nach erheblicher Versteifung der Konstruktionselemente, z. B. der beiden Magnethälften gegeneinander, brauchbar gewesen, weil die Zugkräfte zwischen den Magnethälften zu einer ständigen Verlagerung dieser Teile bei Erregung führten und damit das Werk außer Betrieb setzten. Thermoplaste als wärmebildsame



ETZ 368  
Bild 4. Ferrarislaufwerk auf Preßstoffplatte.



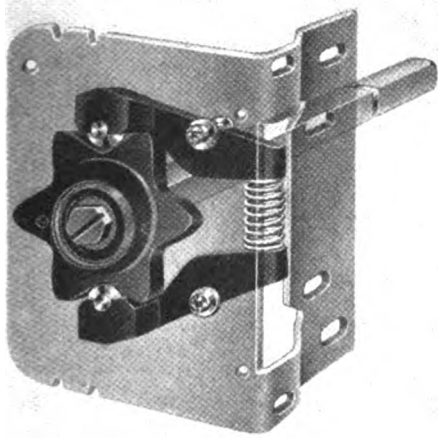


Bild 5. Rastenwerk bei Walzenschaltern.

lich der Wärme liegt bei den keramischen Teilen in ihrer Temperaturwechselbeständigkeit. Für außergewöhnliche Ansprüche, z. B. für Widerstands-Tragkörper, gibt es Sondermassen. Meist wird dann Schamotte beigemischt, wodurch aber die Wasseraufnahmefähigkeit etwas gesteigert wird.

Im Gegensatz zu der hohen Temperaturbeständigkeit der keramischen Teile liegen die Werte bei den Preßstoffen niedriger. Die mechanischen Eigenschaften von Preßstoffen werden bei höherer Temperatur schlechter, insbesondere sinkt die Bruchdehnung. Die meisten organischen Dielektrika oxydieren rasch oberhalb 100 ... 150 °C. Bei Silikonen, die in dieser Beziehung in Deutschland noch nicht eingesetzt werden, liegen die Grenztemperaturen höher. Bei einem Kunstharz-Preßstoff ist es sehr schwer, eine Erwärmungsgrenze allgemein anzugeben. Sie hängt davon ab, welche Folgen man in Kauf nehmen kann. Bei längerer Erwärmungszeit sollte man bei organischen Füllstoffen keinesfalls über 130 °C hinausgehen, bei anorganischen Füllstoffen lassen sich Temperaturen bis 160, u. U. auch 200 °C beherrschen; dann läßt aber die Festigkeit schon sehr nach. Harnstoffharze sind noch etwas schlechter, die höchste Grenztemperatur dürfte 90° sein. Dagegen erlaubt das Melaminharz wieder 130°. Diese Zahlen gelten etwa unter der Voraussetzung, daß nach 200stündiger Erwärmung auf diese Temperaturen die Biege- und Schlagbiegefestigkeiten sich nicht um mehr als 10% verschlechtert haben. Für Dauerbelastung gibt Nowak [3] unter der Voraussetzung, daß auch nach jahrelanger Beanspruchung die mechanischen Eigenschaften höchstens 30% schlechter werden, etwa 30 °C niedrigere Temperaturen an. Bei Thermoplasten kann man nach dem Stande der Technik z. Zt. keinesfalls über 110° gehen. Ein Vorteil liegt darin, daß mit Rücksicht auf die schlechte Wärmeleitfähigkeit bei kurzzeitiger Wärmezufuhr das Preßstück nicht folgen kann und es eine erhöhte Temperatur nicht so schnell annimmt. So war beim Brand einer Tankstelle ein isoliertgekapselter selbsttätiger Stern-dreieckschalter nach dem Erlöschen des Brandes noch ohne jeden Schaden im Innern. Das Preßstoffgehäuse hatte innen noch seine Preßhaut, die Außenschicht war verkohlt. An solchen Stellen, an denen die Konstruktionselemente länger mit höheren Temperaturen beansprucht werden als angegeben, wird man Keramik vorziehen. So ist z. B. bei den Bimetallrelais nach Bild 6 die eine Hälfte mit dem eigentlichen Auslösemechanismus, der Skala und ihren Verstellfedern sowie der Polbrücke aus Preßstoff mit anorganischen Füllmitteln aufgebaut, dagegen die Hälfte mit den Bimetallstreifen, in der also im wesentlichen die Wärme entwickelt wird, aus keramischen Teilen. Gleichzeitig sorat hier das keramische Stück für die nötige Starrheit der Gesamtkonstruktion. Zu beachten ist noch, daß die Wärmedehnzahl bei den Preßstoffen ganz bedeutend höher ist (20 ... 50 · 10<sup>-6</sup> mm/°C zwischen 20 und 100 °C) als bei Keramik II (etwa 6 ... 9). Die spezifischen Wärmen, auf das Volumen bezogen, weichen wenig voneinander ab (etwa 0,47 cal/cm<sup>3</sup> °C bei Preßstoff und 0,55 bei Keramik II).

Ein entscheidender Punkt ist die Genauigkeit. Bei keramischen Stücken muß man leider mit einer Schwindung rechnen, die nicht gleichbleibt. Sie hängt sehr stark ab von den verwandten Ausgangsstoffen, Naturprodukten, die nicht beherrschbar sind. Auch beeinflußt bei der Keramik der Brennprozeß die Formen unter Verhältnissen, bei denen die Formhaltung durch das Werkzeug nicht mehr vorhanden ist, im Gegensatz zum Preßstoff, bei dem innerhalb der gleichen Form gepreßt und gehärtet wird. In der Keramik ist andererseits der Sinterpunkt verhältnismäßig nahe am Schmelzpunkt. Bei allen Teilen, von denen man besonders gute Eigenschaften (z. B. elektrische) oder hohe Festigkeiten verlangt, muß der Brennpunkt hoch gelegt werden, nahe an den Schmelzpunkt. Sie werden deshalb im Brande weich und verziehen sich mehr oder weniger. Diese Eigenschaften haben besonders die mechanisch festen Massen. Im übrigen ist selbstverständlich bei beiden Stoffen der Unterschied zwischen werkzeuggebundenen und durch den Preßstempel bedingten Maßen zu machen. Im letzteren Punkt kommt die Preßstofftechnik heute den Genauigkeitsansprüchen auch

ETZ 369

Körper wurden für den Gerätebau noch nicht ausgedehnt verwendet, weil sie zum Fließen neigen.

Starrheit ist aber oft auch nachteilig. Da keramische Fertigteile in ihrer Form unveränderlich, also nicht biegsam sind, können sie sich z. B. Verkantungen nicht durch Nachgeben anpassen und brechen bei örtlichen Überbeanspruchungen, ohne vorher ein Fließgebiet zu durchlaufen. Wo Überbeanspruchungen möglich sind, ist eine nachgiebige Unterlage erforderlich. Diese plastisch-elastischen Eigenschaften der Preßstoffe wirken sich oft sehr vorteilhaft aus, so z. B. bei den Rasteneinrichtungen nach Bild 5, bei denen immer Stahlteile mit Preßstoffteilen zusammenwirken. Auch der Umstand, daß etwaige Verschleißprodukte sich in den Preßstoff einbetten, führt zur Verminderung des Verschleißes. Erfahrungsgemäß wird Reibungverschleiß in erster Linie durch die Weiterwirkung der ersten Verschleißprodukte gesteigert, also gewissermaßen potenziert. Nimmt man diese Produkte durch nachgiebigen Stoff weg, dann sinkt der Verschleiß stark [2].

Bei der lebhaften Entwicklung der organischen Kunststoffe kann man hoffen, daß die Formstarrheit verbessert werden kann, so daß auch für die Teile, bei denen sie gebildet wird, solche Stoffe zur Verfügung stehen, hoffentlich ohne daß die elektrischen und die übrigen mechanischen Eigenschaften (Stoßfestigkeit) schlechter werden.

Bei der Temperaturbeständigkeit ist es ähnlich. Die Temperaturbeständigkeit der Keramik kann verhältnismäßig hoch getrieben werden, die der Preßstoffe ist schlechter. Kristalline Körper sind meist außerordentlich stabil. Außerdem ist zu beachten, daß die Brenntemperatur der keramischen Stücke schon weit über 1000 °C liegt und die Stücke selbst deshalb ohne Stoffwandel solche Temperaturen wieder ertragen können. Die einzige Grenze hinsicht-

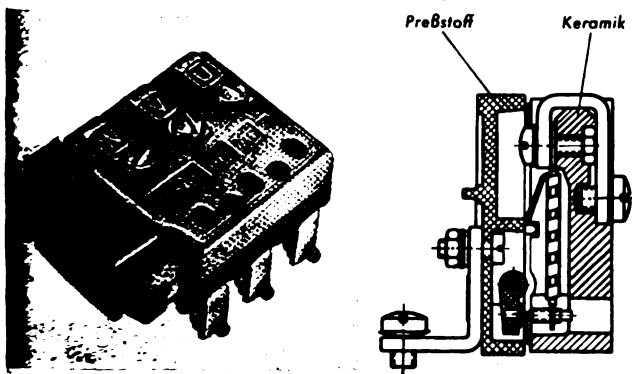


Bild 6. Preßstoff und Keramik für ein Bimetallrelais.

in der Preßrichtung viel näher als bisher. Es sei hier auf das „Preßspritzen“<sup>1</sup> verwiesen. Die Frage der Toleranzen hinsichtlich ihrer Maße ist nicht mit wenigen Zahlen anzugeben. Für die Toleranzen der Keramik gilt DIN 40680, für Preßstoffteile DIN E 7710. Für Abmessungen von etwa 10 und 100 mm gibt Tafel 2 die nach den einschlägigen Normblättern zulässigen Toleranzen an. Wie man sieht, sind die Unterschiede beträchtlich. Allerdings muß gesagt werden, daß es Keramik-Sondermassen gibt, die wesentlich höhere Genauigkeit zulassen, z. T. aber nur durch scharfes Auslehren und dementsprechende Preiserhöhungen. Bei Keramik erfordert die nicht völlig gleichbleibende Schwindung und die Möglichkeit des Verziehens im Brennpriß weitgehende Anwendung von Schlitzlöchern, wodurch die Gesamtgenauigkeit der Konstruktion oft leidet.

Tafel 2. Genauigkeit von Keramik- und Preßstoffteilen.

Abmessungen mm	Toleranzangabe *		Abmaße			
	Keramik DIN 40680	Preßstoff DIN 7710	Keramik DIN 40680**	Preßstoff DIN 7710		
				formgebundene Maße	nicht formgebundene Maße	
			mm	körnig mm	Füllstoff fasrig mm	mm
1	2	3	4	5	6†	7†
10	grob	ohne Toleranzangabe	± 0,8	± 0,3	+ 0,6 ... 0,3	+ 0,8 ... 0,3
	mittel	mit „	± 0,3	± 0,1	+ 0,4 ... 0,1	+ 0,6 ... 0,1
100	grob	ohne Toleranzangabe	± 4,5	± 0,8	+ 1,1 ... 0,8	+ 1,3 ... 0,8
	mittel	mit „	± 1,8	± 0,4	+ 0,7 ... 0,4	+ 0,9 ... 0,4

\* Feintoleranzen in jedem Falle nur nach Vereinbarung mit dem Lieferwerk. Bei Keramik im allgemeinen nur durch Schleifen erzielbar.

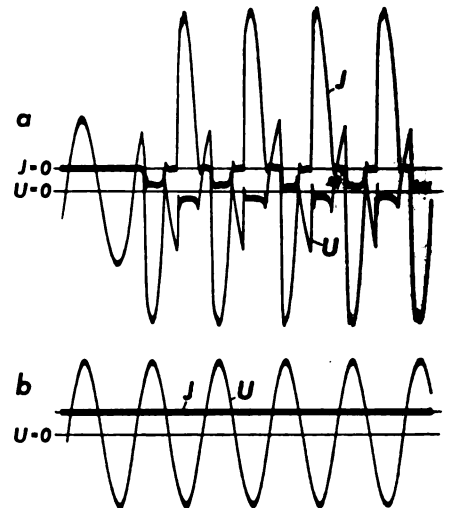
\*\* Bei Keramik auch genauere Stücke aus Sondermassen auf dem Markt (etwa halbe Toleranzwerte).

† Bei Spritzpressen wie Spalte 5.

Als letztes bliebe noch die sogenannte Kriechstromsicherheit zu behandeln. Kriechströme und die übrigen damit zusammenhängenden Begriffe müßte man zuerst definieren. Der VDE spricht zunächst von Kriechstromfestigkeit<sup>2</sup>. Dabei ist als Kriechstrom ein Strom anzusehen, der sich an der Oberfläche oder in den oberen Schichten eines im trockenen und sauberen Zustand isolierenden Stoffes zwischen Teilen verschiedenen Potentials ausbildet, wenn auf die Oberfläche des Isolierstoffes äußere Einflüsse, wie die Anlagerung von Fremdkörpern, Feuchtigkeit und dergleichen einwirken. Ein Kriechstrom kann also bei jedem Stoff auftreten, wenn die Anlagerungen so gut und so stark leitend sind, daß ohne die Unterlage der Strom übergeht. Wesentlich ist einmal, ob durch solche Anlagerungen die Oberflächenleitfähigkeit des Stoffes selbst erhöht wird und sich damit ein Kriechstrom im Stoff selbst ausbilden kann oder ob der Stromdurchgang durch die Anlagerungen erst die Oberfläche zerstört, also eine solche Kriechspur mit dauernder Leitfähigkeit zustandekommt. In diesem Punkte ist die Keramik dem Preßstoff überlegen. Keramik verändert sich weder durch die Anlagerungen, noch kann ein Stromübergang durch die Anlagerungen eine Kriechspur ausbilden, weil es sich eben um anorganische Stoffe handelt. Häufig aber platzt die Keramik bei solchen Überläufen. Die organischen Bestandteile der Preßstoffe ermöglichen dagegen die Bildung einer Kriechspur. Trockene Anlagerungen sind hierzu allein fast nie ausreichend, es muß immer etwas Feuchtigkeit hinzukommen. Offensichtlich genügt aber auch die Feuchtigkeitshaut, die sich unter den klimatischen Einflüssen bildet, z. B. Kondensationsniederschläge beim Temperaturwechsel gekapselter Geräte. In der ersten Zeit der Verwendung der Preßstoffe erlaubte man in dieser Eigenschaft einen Kardinalfehler des Preßstoffs sehen zu müssen. Zunächst einmal muß betont werden, daß es unter der großen Zahl der üblichen Stoffe je nach Harz und Füllstoff auch große Unterschiede hinsichtlich der Kriechstromanfälligkeit gibt. Leider ist es in den zwei Jahrzehnten, in denen man sich

<sup>1</sup> Ein Aufsatz über das Thema „Preßspritzen oder Pressen?“ erscheint noch in der ETZ. — Die Schriftleitung.

<sup>2</sup> Ein Aufsatz über den Stand dieser Frage erscheint demnächst in der ETZ. — Die Schriftleitung.



a) phenolhaltige Masse  
b) phenolfreie Masse

ETZ 371

Bild 7. Kriechstromverhalten.

mit dem Problem beschäftigt, noch nicht möglich gewesen, eine ganz einwandfreie Prüfmethode für die Kriechstromfestigkeit der Preßmassen zu ermitteln. Deshalb fehlt in VDE 0303/VII.40 auch eine entsprechende Vorschrift. Man möchte die Einflüsse der Praxis möglichst weitgehend nachahmen und verwandte deshalb ursprünglich einen Staub, einen Elektrolyten und ein Entfettungsmittel. In neuerer Zeit begnügt man sich mit einem Entfettungsmittel (Nekall) unter Wasserzufuhr und zählt ab, wieviele Benetzungen man durchführen kann, ehe ein dauernder Überschlag zustandekommt.

Die millionenfache Anwendung der Preßstoffe, die z. B. weite Gebiete des Installationsmaterials fast restlos beherrschen und das Gebiet des Schaltgerätematerials weitgehend hat gezeigt, daß die Befürchtungen hinsichtlich der Kriechstromsicherheit unbegründet waren, vorausgesetzt, daß richtig konstruiert wurde. Trotzdem sollte man diesen Punkt nicht aus dem Auge lassen. Man ist in der Vergangenheit häufig auf Keramik zurückgegangen, wenn die Frage ernst zu sein schien. Man hat z. B. in die Kunstharz-Preßstoffteile keramische Elemente eingepreßt und die spannungsführenden Teile durch diese keramischen Elemente hindurchgeführt. Noch wichtiger ist aber die Feststellung, daß es in der großen Skala der zur Verfügung stehenden Harze auch solche gibt, die als kriechstromfest anzusprechen sind. Hierzu gehören alle Carbamid- und Anilinharze, vor allen Dingen auch das Melaminharz. Durch die obengenannte Benetzungsprobe mit Nekalllösung kann man auf einem Melaminpreßstück mit Holzmehl-Füllung keine Kriechspur erzeugen; der Konstrukteur kann also notfalls einen wesentlich kriechstromfesten Werkstoff anwenden, wenn er die Wahrscheinlichkeit in Gewißheit umwandeln will.

Bis jetzt war von Kriechstromfestigkeit oder Kriechwegfestigkeit die Rede. Man muß zwischen diesem Begriff und dem Sicherheitsbegriff unterscheiden. Während der erstere eine Stoffeigenschaft darstellt, ließen dem Sicherheitsbegriff außerdem die konstruktiven Maßnahmen der Formgebung zugrunde. Hier helfen z. B. starke Verrippungen, die sich bei Preßstoffen besser durchbilden lassen als bei Keramik. Die wünschenswerten hohen, dünnen Stege sind bei keramischen Stücken schwierig herzustellen und nicht stoßfest. Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß der VDE in seiner Arbeit über Kriech- und Luftstrecken, VDE 0110/XII.44, hinsichtlich der Mindestkriechwege Keramik- und Preßstoffteile bei passender Formgebung gleichsetzt. Zu diesen Formgebungsmaßnahmen gehören möglichst senkrechte Kriechwege und starke Verrippungen bei sonst gleichem Wegem.

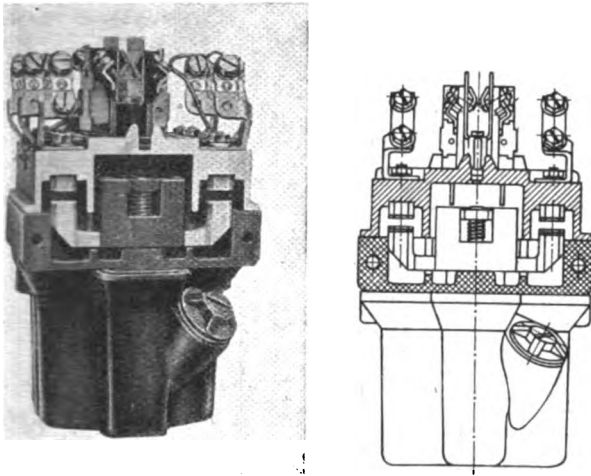


Bild 8. Schütz mit Preßstoff-Funkenkammer.

Das unterschiedliche Verhalten der Kriechstrecken bei phenolhaltigen Massen und anderen Harzen, z. B. Melamin, zeigt Bild 7. Strom- und Spannungsabfall sind an einer Übergangsstrecke von 10 mm zwischen 2 Kupferschienen bei 550 V nach Benetzungen mit Nekallösung (0,5%) verzeichnet. Im Bild 7a (phenolhaltige Masse) zeigen sich bei der Benetzung schon ausgesprochene Lichtbogenerscheinungen mit etwa 50 V Lichtbogenleistung, die Stromstärke betrug 54 A, die Lichtbogenleistung also etwa 2,5 kW, der Dämpfungswiderstand im Kreise war 3  $\Omega$ . Meist zündete der Bogen kurz vor dem Spannungsmaximum und erlosch wieder beim Nulldurchgang. Der Kreis kam erst durch Wegnahme der Spannung zum Erlöschen, bei Wiederaufschalten der Spannung entstanden dieselben Übergangsbilder. Im Gegensatz dazu war nach Bild 7b bei der 20. Benetzung einer phenolfreien Masse (Melamin) die Spannungskurve unbe-

einflußt, obwohl längere Zeit kleine Funkenübergänge zu bemerken waren. Die Stromaufnahme hierbei wurde mit etwa 30 mA festgestellt, was einem Übergangswiderstand von noch rd. 15 000  $\Omega$  entsprach, während man im ersteren Falle mit weniger als 1  $\Omega$  zu rechnen hat.

Eine lästige Eigenschaft der keramischen Stoffe ist noch ihre Sprödigkeit, wenn es sich um die Lichtbogenbeanspruchung handelt. Aber auch hier hat sich schon eine andere Entwicklung angebahnt. So z. B. findet man Installationselbstschalter, die ganz mit Preßstoff aufgebaut sind [4] und den Lichtbogen zwischen Preßstoffteilen erzeugen, oder auch Preßstoff-Funkenkammern bei Schützen (Bild 8). Wichtig ist in diesem Fall die Verwendung von Preßstoffen mit anorganischen Füllmitteln und möglichst mit Harnstoff- oder Melaminharz.

#### Zusammenfassung

Die Keramik hat im Bereich der Niederspannungs-Elektrotechnik weite Bezirke an den Kunstharz-Preßstoff abgeben müssen. Die Keramik wird heute immer noch bevorzugt werden müssen, wenn es sich darum handelt, Teile besonderer Starrheit zu verwenden, eine Forderung, der man oft auch durch entsprechende Verrippung des Kunstharz-Preßstoffteiles noch entsprechen kann. Weiterhin steht Keramik im Vordergrund des Interesses bei besonders wärmebeständigen Konstruktionselementen. Sie hat hauptsächlich Anwendungsgebiete verloren durch ihre geringere Genauigkeit und Stoßfestigkeit. Das bei Preßstoff ungünstiger erscheinende Kriechstromproblem hat man überschätzt; man kann ihm durch Sortenwahl und aufmerksame Konstruktion begegnen.

#### Schrifttum

- [1] H. Franken: Die Zähigkeit von Isolierpreßstoffen im Niederspannungs-Schaltgerätebau. Plast. Massen 7 (1937) Mai-Juli.
- [2] H. Franken: Verwendung von Kunststoffen bei Rasteneinrichtungen für Walzenschalter. Kunststoff-Techn. 9 (1939) Mai.
- [3] P. Nowak: Die Bedeutung der Silikone in der Elektrotechnik. Kunststoffe 40 (1950) S. 177.
- [4] A. M. Schmidt: Entwicklung des Schraubstößel-Selbstschalters. ETZ 65 (1944) S. 449.

## Blindstromkompensation bei Frequenz- und Spannungsschwankungen im Drehstromnetz

Von H. Anschütz, Mühlhausen

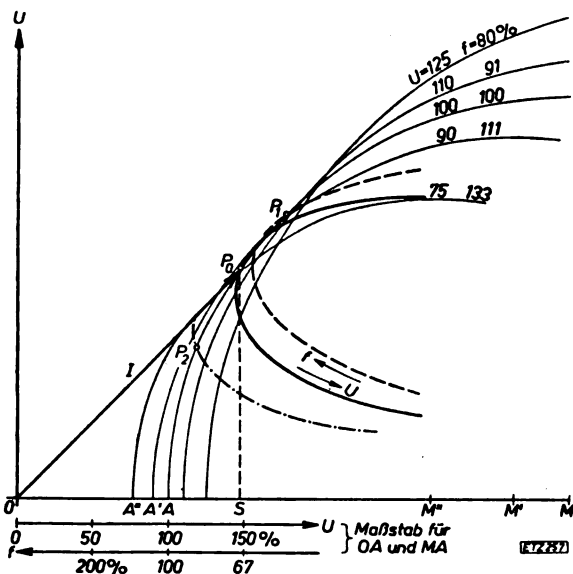
DK 621.516.1.018.14 : 621.5.015.2 + .018.41

**Übersicht.** Die Leistungsfähigkeit der Stromverbraucher eines Drehstromnetzes kann durch Schwankungen von Frequenz und Spannung erheblich beeinträchtigt werden. In Fortsetzung einer früheren Arbeit<sup>1</sup> soll nachstehend untersucht werden, wie sich dabei die Blindstromaufnahme ändert und wie die Kompensation durch Phasenschieber beeinflußt wird.

Die Blindstromaufnahme der verschiedenen Arten von Verbrauchern ist von der Spannung  $U$  und der Frequenz  $f$  abhängig. Bei Transformatoren geht der Magnetisierungsstrom mit der Spannung stark zurück, dagegen steigt er mit fallender Frequenz. Bei gleichzeitigem Rückgang beider Netzgrößen überwiegt meist der Spannungsabfall, so daß bei schwachem Netzbetrieb der Blindstrom vermindert wird. Das Verhalten von Induktionsmotoren ist am besten an dem vereinfachten Kreisdiagramm (ohmsche Widerstände und Eisensättigung vernachlässigt, Bild 1) zu übersehen. Für jeden Wert von Spannung und Frequenz ist ein besonderer Kreis zu zeichnen, wobei Halbmesser  $MA$  und Leerlaufstrom  $OA$  proportional dem Verhältnis  $U/f$  sind. Die Ordinate des Lastpunktes  $P_0$  gilt annähernd als Maß für das Drehmoment. Setzt man unveränderliches Lastmoment voraus, so muß mit fallender Spannung diese Ordinate umgekehrt verhältnismäßig vergrößert, mit

fallender Frequenz dagegen verkleinert werden. Damit bewegt sich der Stromvektor  $I$  auf der eingezeichneten Ortskurve. Für die Blindstromkomponente  $I_b$  erhält man daraus die in Bild 2 dargestellte Kurve  $b$ ; sie bricht dort ab, wo das Motormoment das Lastmoment unterschreitet. Den Anteil des Magnetisierungsstroms  $OA = I_m$  zeigt Kurve  $a$ , statt dessen ergibt sich unter Berücksichtigung der Sättigung die Kurve  $c$ . Damit erhält man schließlich durch Scherung aus Kurve  $b$  die Blindstromkennlinie  $d$ . Ihr Kleinstwert muß nicht notwendig bei normaler Spannung und Frequenz liegen, mit steigender Last rückt er zu höheren Spannungswerten oder niedrigerer Frequenz. Stromrichter benötigen außer für die Magnetisierung ihres Transformators Blindstrom vor allem durch die Kommutierung der Anodenströme und durch die Zündverzögerung bei Gittersteuerung. Diese beiden Blindstromanteile sind lastabhängig und werden bestimmt durch das Verhalten der angeschlossenen Gleichstromverbraucher. Auf die abgegebene Gleichspannung übertragen sich praktisch nur die Spannungsschwankungen, nicht die Frequenzänderungen. Nebenschlußmotoren nehmen bei fallender Spannung und unverändertlichem Lastmoment einen erhöhten Strom auf, Reihenschlußmotoren arbeiten aber dabei mit praktisch konstantem Strom. Dagegen geht die Stromaufnahme ohmscher Verbraucher mit

<sup>1</sup> H. Anschütz: Frequenz- und Spannungsschwankungen im Drehstromnetz und ihre Auswirkungen. ETZ 70 (1949) S. 513.



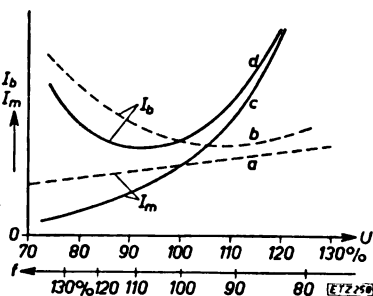
U Netzspannung,  $OP_0 = I$  Scheinstrom,  $OS = I_b$  Blindstrom,  $OA = I_m$  Magnetisierungsstrom, Lastpunkte  $P_0, P_1, P_2$  bei veränderlichem Drehmoment u. normalen Netzdaten, Halbmesser  $MA, M'A', M''A'$  gehören zu  $U = 100, 90, 75\%$  bzw.  $f = 100, 111, 135\%$ .

Bild 1. Blindstromaufnahme von Induktionsmotoren bei Spannungs- und Frequenzschwankungen: Kreisdiagramm.

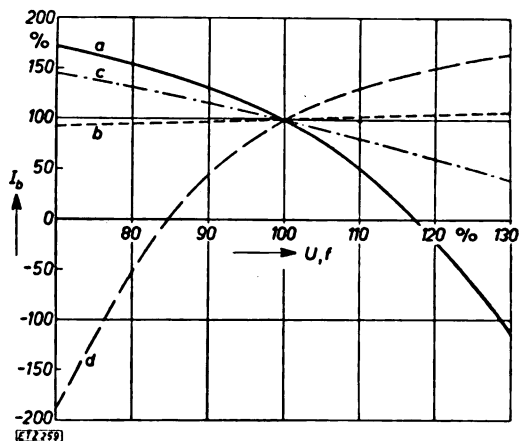
der Spannung zurück. Bei elektrochemischer Gegenspannung ist dieser Rückgang noch stärker. Der Blindstrombedarf einer Gleichrichterstation richtet sich also nach der Zusammensetzung ihrer Belastung. Bei industriellen Unterwerken steigt der Strom mit fallender Spannung, bei Ladestationen und Elektrolysen geht er stark zurück, dagegen wird er bei Bahnanlagen von den Schwankungen der Drehstromseite nur wenig beeinflusst.

Im Drehstromnetz wird die Blindstrombelastung vor allem durch die Induktionsmotoren bestimmt. Man rechnet in reinen Industrienetzen mit rd. 80...90% Anteil der Motorbelastung am Blindstrom, selbst bei vorwiegend landwirtschaftlichen Netzen noch mit 50...60%. Die Änderungen des Blindstroms werden sich daher im allgemeinen nach dem Verhalten der Induktionsmotoren richten.

Wenn der Leistungsfaktor mit Phasenschiebern verbessert wird, so hängt der von ihnen gelieferte Blindstrom ebenfalls von Spannung und Frequenz ab. Bei Synchronphasenschiebern verläuft der Blindstrom nach einer V-förmigen Kurve, wenn sich im Netz Spannung oder Frequenz ändert und der Erregerstrom konstant bleibt, ein Verhalten, wie es umgekehrt bei festen Netzdaten und veränderlichem Erregerstrom allgemein bekannt ist. Vernachlässigt man die Verluste, so liegt die Spitze der Kurve auf der Abszissenachse, hier wechselt der Strom des Phasenschiebers das Vorzeichen. Wenn man dies auf der Ordinatenachse berücksichtigt, so erhält man aus der V-Kurve eine stetige Kurve (Bild 3, Kurve a und d). Mit steigender Spannung geht der Blindstrom rasch zurück und wird schließlich negativ, d. h. bei stark überhöhter Spannung wird die Maschine zum Blindstromverbraucher. Dagegen wird bei Unterspannung mehr Blindstrom geliefert als bei normaler Spannung. Eine Frequenzänderung wirkt im umgekehrten Sinn. Also fällt bei einer Frequenzsenkung der gelieferte Blindstrom und wird endlich induktiv. Wenn Spannung und Frequenz gleichzeitig zurückgehen, ergibt sich ein gewisser Ausgleich (Kurven b



a, c Magnetisierungsstrom  
b, d Blindstrom bei Belastung  
--- ohne Eisensättigung  
--- mit Eisensättigung  
Bild 2. Blindstromdiagramm zu Bild 1.



a  $\Delta u \neq 0, \Delta f = 0$   $\Delta u$  Spannungsänderung in %  
b  $\frac{\Delta u}{\Delta f} = 1$   $\Delta f$  Frequenzänderung in %  
c  $\frac{\Delta u}{\Delta f} = 2$  Abszisse U zu den Kurven a, b, c  
d  $\Delta f \neq 0, \Delta u = 0$  Abszisse f zu den Kurven b, d  
Bild 3. Blindstromabgabe von Synchronmaschinen bei Spannungs- und Frequenzschwankungen.

und c in Bild 3). Ebenso verhalten sich synchronisierte Asynchronmotoren und Einankerumformer. Der Blindstrom von Kondensatoren ist proportional dem Produkt  $U \cdot f$ . Also wirken Spannungs- und Frequenzänderungen im gleichen Sinn. Der Verlauf der Blindstromkurven ist in Bild 4 gezeigt. Bei gleichzeitigem Rückgang von Frequenz und Spannung läßt der Kondensatorstrom verstärkt nach.

Wie man also sieht, ändert sich der Blindstrombedarf der Verbraucher im allgemeinen in ganz anderer Weise als die Blindstromlieferung der Phasenschieber. Während vielfach ein erhöhter Blindstrom bei schwacher Spannung und Frequenz verlangt wird, läßt der Kondensatorstrom stark nach. Günstiger verhalten sich Synchronphasenschieber, wenn wie üblich die Spannung mehr absinkt als die Frequenz.

Es ist daher zweckmäßig, die Blindstromkompensation nachzuregeln. Die Kondensatorbatterie erhält dafür einige zusätzliche Einheiten, die nach Bedarf selbsttätig oder von Hand zugeschaltet werden. Synchronphasenschieber gestatten eine stufenlose Regelung durch Änderung des Erregerstroms. Wenn beide Arten Phasenschieber vorhanden sind, wird eine selbsttätige Regelung am besten an den Synchronmaschinen angebracht. Der Stromabnehmer kann die Rege-

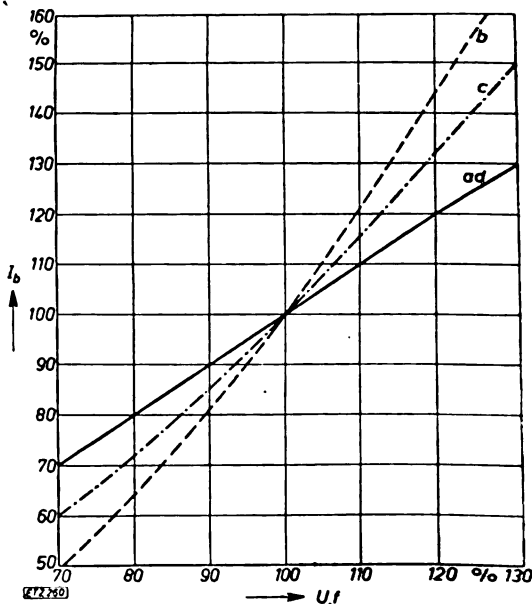


Bild 4. Blindstromabgabe von Kondensatoren bei Spannungs- und Frequenzschwankungen (Legende s. Bild 3).

lung noch unterstützen, wenn er die Anschlußspannung seiner Verbraucher mit einem Regeltransformator konstant hält. Dem stromliefernden Werk ist eine solche Maßnahme jedoch oft nicht erwünscht, weil damit einer vielleicht notwendigen Entlastung des Netzes entgegengewirkt wird.

Wenn bei Netzschwankungen in der erläuterten Weise die Blindstromkompensation gestört wird, ergeben sich die bekannten Nachteile eines schlechten Leistungsfaktors für Kraftwerk und Stromabnehmer. Es darf aber nicht übersehen werden, daß auch der Strombezug teuer werden kann. Bei einem reinen Blindverbrauchtarif werden die unkompenzierten  $kVh$  auf der Stromrechnung erscheinen. Da aber die Spannungs- und Frequenzschwankungen nur vorübergehend auftreten und meist nur kurze Zeit extreme Werte erreichen, werden die Blindstromkosten im allgemeinen nur wenig erhöht werden. Dagegen sind bei einem Scheinleistungstarif anliebsame Überraschungen möglich, wenn nämlich die zusätzliche unkompenzierte Blindleistung die Scheinleistungsspitze vergrößert. Schon eine Spannungssenkung begrenzter

Dauer kann hier zu einer erhöhten Spitze führen, wonach sich dann die Grundgebühr des ganzen Jahres berechnet.

Um eine solche Erhöhung der Stromkosten zu verhindern, stehen zwei Wege offen. Erstens kann man, wie bereits erwähnt, den Phasenschieber nachregeln oder schon im Nennbetrieb erhöhten Blindstrom liefern lassen. Viele Betriebe haben jedoch keine eigenen Kompensationseinrichtungen. Hier bleibt nur die zweite Möglichkeit, nämlich bei starken Absenkungen im Netz die eigene Belastung einzuschränken. Man muß also die Veränderung der Netzdaten mit Spannungs- und Frequenzmesser beobachten. Zur Kontrolle können Leistungsfaktor- oder Scheinleistungszeiger mit einem Warnkontakt versehen werden. Vor allem Induktionsmotoren wird man nur begrenzt belasten dürfen. Die Auswahl der Maschinen, die ganz abgeschaltet oder nur geringer belastet werden, richtet sich natürlich nach den Gegebenheiten des einzelnen Betriebes. Wie eine einfache Nachrechnung zeigt, kann die rechtzeitige Einschränkung der Belastung erhebliche Ersparnisse bringen.

## 50 Jahre Wuppertaler Schwebebahn

DK 621.335.42 : 625.433.3

Am 1. März 1901 eröffnete die Wuppertaler Schwebebahn nach Fertigstellung des ersten Bauabschnittes den Verkehr auf der Elberfelder Teilstrecke Kluse — Zoo, so daß die Bahn in diesen Tagen ihr 50jähriges Betriebsjubiläum feiern kann. Ihre Konstruktion geht auf Patente des Kölner Ingenieurs Eugen Langen zurück. Trotz des großen Interesses, das die Bahn nicht nur in Fachkreisen gefunden hat, ist ihre Bauform bisher einmalig in der Welt geblieben. Ob dies auch für die Zukunft gilt, muß dahingestellt bleiben. Bemerkenswert ist, daß in letzter Zeit Pläne aus England und Amerika bekannt geworden sind, denen zufolge das Einschienen-Hängbahn-System für Schnellbahnen mit modernen Geschwindigkeiten angewendet werden soll.

Die Wuppertaler Schwebebahn wurde gebaut und während der ersten Jahre ihres Bestehens betrieben von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, vormals Schuckert & Co. bzw. ihrem Tochter-Unternehmen, der Continental Gesellschaft für elektrische Unternehmungen. Sie gehört heute der Wuppertaler Stadtwerke AG., die als kommunale Aktiengesellschaft die Versorgungs- und Verkehrsbetriebe der Stadt Wuppertal umfaßt. Seit ihrem Bestehen hat sie rd. 533 Mil-

lionen Personen befördert; derzeit liegt ihre Tagesleistung bei durchschnittlich 58 000 Personen. Sie erreicht eine Zugfolge von 2,5 min und eine Reisegeschwindigkeit von rd. 24 km/h bei Haltestellenabständen von im Mittel 775 m und Kurvenradien, die teilweise weniger als 75 m betragen. Interessant ist, daß die Wagen im Ein-Richtungs-Verkehr fahren, in einer Betriebsweise also, die bei Straßenbahnen, namentlich in letzter Zeit, immer mehr Verbreitung findet.

Im Laufe der Zeit sind zahlreiche Verbesserungen, hauptsächlich in der Konstruktion der Fahrzeuge, erzielt worden. Sie betreffen die Aufhängung der Wagenkästen an den Drehgestellen, die Antriebsorgane, die Steuerung der Motoren, die Bremsung, die Türbetätigung und -verriegelung, die Aufteilung des Fahrgastraumes und seine Belüftung sowie zahlreiche andere Einzelheiten. Die Ergebnisse der in langen Jahren gesammelten Erfahrungen sind in 20 neuen

Schwebebahnwagen verwirklicht worden, die die Firma Westwaggon baute und die in diesen Tagen in Betrieb genommen werden (Bild 1).

Die Motoren der neuen Wagen haben eine Stundenleistung von je 45 kW und sind gegenüber dem Drehgestell abgedeckt. Die Drehgestelle tragen an ihrer Unterseite eine Kugelpfanne, in welcher die Tragarme für die Wagenkästen eingehängt sind. Drehgestelle und Tragarme stützen sich gegeneinander über Druckrollen ab. Die Tragarme sind federnd mit dem Wagenkasten verbunden mittels einer Teleskopführung, die zur Schwingungsdämpfung mit Juridplatten be-

legt ist. Das Wagen-gewicht konnte durch Leichtbauweise auf knapp 11 t beschränkt werden. Die Zahl der zur Beförderung zugelassenen Personen konnte hierdurch von bisher etwa 65 auf 80 erhöht werden. Zur Beschleunigung des Fahrgastwechsels wurden 3 gegenüber bisher 2 Türen angeordnet. Das 2-Klassen-System wurde beibehalten. Rein äußerlich fallen die neuen Wagen auf durch ihre aerodynamisch günstigere u. mehr dem heutigen Stilempfinden entsprechende Form, ferner durch ihren sehr geräuschlosen Lauf. Der Zugbildung dient eine automat. Kupplung.

Die neuen Wagen werden verkehrstechnisch von großem Wert sein, da die höhere Anfahrbeschleunigung, die zumindest kurzzeitig mögliche Verdichtung der Zugfolge auf 2 min und das größere Fassungsvermögen der Wagen sich günstig auswirken werden. Betriebliche Vorteile sind zu erwarten durch geringere Störanfälligkeit der Antriebsorgane, die bessere Reservehaltung innerhalb des gesamten, bis dahin 56 Fahrzeuge umfassenden Fahrzeugparks und durch Verringerung der Instandsetzungskosten.

Bekanntlich hatte die Schwebebahn Ostern 1946 nach Beseitigung der Kriegsschäden den Vollbetrieb wieder aufgenommen. Durch ihre Zuverlässigkeit und bequeme Verkehrsmöglichkeit hat sie sich eine bedeutsame Stellung im Wuppertaler Nahverkehrsleben erworben, und es kann erwartet werden, daß sie diese auch in Zukunft behalten wird.

W. Koch, Wuppertal

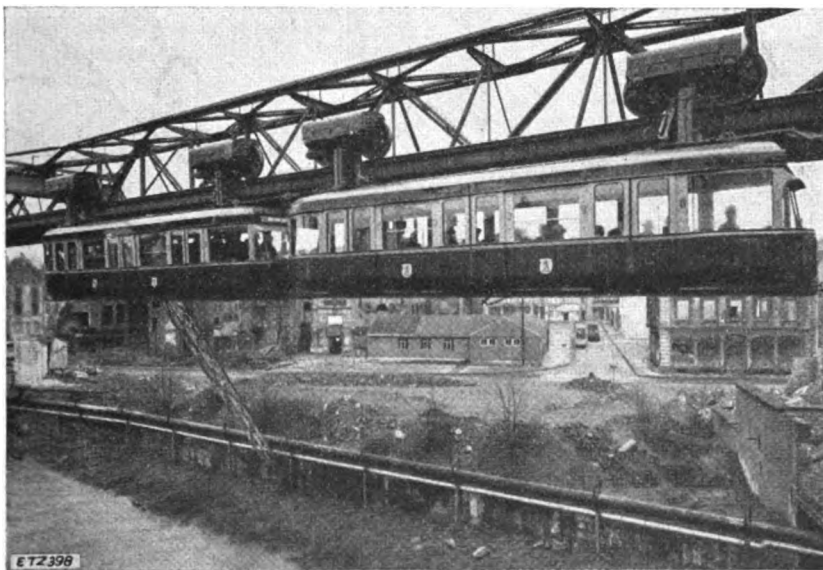


Bild 1. Schwebebahnwagen, Baujahr 1950.

# Die Technik der menschlichen Mitteilung\*

Von Volker Aschoff, Aachen

DK 003.2 : 621.39(09)

**Übersicht.** Der Aufsatz zeigt, wie der Mensch neben der ihm gegebenen Sprache eine Technik der Mitteilung entwickelt hat. Durch allmählich immer weiter gehende Unterteilung des Nachrichteninhaltes verlief die Entwicklung vom Bild über die Bilder-, Silben- und Buchstabenschrift zum Fünferalphabet des Fernschreibers. Die analoge Entwicklung findet sich bei der Übertragung der Sprache selbst wieder; sie führte schließlich bis zur analytisch-synthetischen Telephonie und zur „sichtbaren Sprache“ (visible speech).

## I

Wohl die erstaunlichste geistige Leistung des Menschen, durch die er sich am markantesten von allen anderen Lebewesen unterscheidet, ist die Fähigkeit, seine Gedanken durch die Sprache auszudrücken; sie stellt die persönlichste und unmittelbarste Form der Mitteilung von Mensch zu Mensch dar. Als der Mensch anfang, sich der Bedeutung der Sprache für die Entwicklung des menschlichen Geistes bewußt zu werden, mußte er auch die Mängel erkennen, die dem gesprochenen Worte anhaften: die Schallwellen überstreichen nur einen begrenzten Raum und haben keinen zeitlichen Bestand.

Alle Lösungen der Aufgabe, die physikalisch begründeten Grenzen der Sprache zu erweitern, bedürfen besonderer Hilfsmittel, deren Gesamtheit man unter dem Begriff „Technik der menschlichen Mitteilung“ zusammenfassen kann, denn die großen Entwicklungslinien aller Verfahren, die der Mensch zur Nachrichtenübermittlung über Zeit und Raum hinweg erdacht hat, zeigen deutlich die charakteristischen Merkmale einer technischen Schöpfung.

## II

Betrachten wir zuerst diejenige Lösung, die in einer Jahrtausende währenden Entwicklung schon frühzeitig eine hohe Vollkommenheit erreichte: die Schrift. Sie gibt der Sprache zeitlichen Bestand und macht sie transportabel. Welche Phasen durchlief sie, bis sie ihre heutige Form fand?

Aufgabe der Schrift ist „die Gedankenübermittlung durch das Auge“ (Sethé); Schreiben bedeutet also, einen Gedanken bildlich festzuhalten. Die älteste Form ist das Bild selbst, das einen ganzen Gedankengang ausdrückt. Seine Ausdrucksmöglichkeit ist beschränkt, die Anfertigung stellt hohe Anforderungen. Das Bild als Nachrichtenmittel hat sich zwar bis heute in der stark schematisierten Form der Verkehrsschilder einerseits und in der stark spezialisierten Form der technischen Zeichnung und der Landkarte andererseits eine gewisse Bedeutung bewahrt. Seine eigentliche Entwicklung fand es aber in dem Streben nach ästhetischer Wirkung, wobei von einem Maximum an zusätzlichem Nachrichteninhalt (historische Gemälde) bis zu dem gänzlich nachrichtenlosen abstrakten Bild unzählige Zwischenstufen denkbar sind. Als zusätzliche Illustration eines auf andere Weise übermittelten Gedankenganges gewann das Bild allerdings in neuerer Zeit durch die Entwicklung der photographischen Technik wieder erneut an Bedeutung.

Bei einem zur Nachrichtenübermittlung dienenden Bild kann man nun noch nicht von Schrift sprechen. Erst wenn durch Normung bestimmten, noch immer bildhaften Symbolen stets die gleiche Bedeutung zugeordnet wird, entsteht die Schrift im eigentlichen Sinne des Wortes. Ein Beispiel mag den Unterschied zwischen Bild und Bilderschrift erläutern. Die Aussage: „Das Rind läuft“ wird als Bild durch ein laufendes Rind dargestellt. Die Bilderschrift benutzt stattdessen zwei normierte Bilder: das eine stellt ein Rind dar, das andere zwei laufende Beine. Man nennt derartige Bildzeichen ideographische oder Begriffszeichen. Die ideographische Bilderschrift bewahrt dabei den großen Vorteil des Bildes, unabhängig von der Sprache zu sein; der Leser übersetzt sich diese Schrift jeweils in seine eigene Sprache. Der

große Nachteil der ideographischen Bilderschrift ist aber ebenso wie beim Bild die weitgehende Beschränkung auf die Darstellung konkreter Gegenstände oder Vorgänge.

Erst durch die Phonetisierung der Bildzeichen, d. h. durch die Gleichsetzung eines Zeichens mit seinem Lautwert, ergibt sich die Möglichkeit, auch abstrakte Gedanken auszusagen und gleichbedeutende Dinge differenziert darzustellen. Damit legt man sich allerdings auf eine bestimmte Sprache fest und von diesem Zeitpunkt ab findet man deshalb eine enge Wechselwirkung zwischen Sprache und Schriftentwicklung.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten der Phonetisierung. So kann ein gesamter Lautkomplex dargestellt werden und diese Form der Phonetisierung hat die Entwicklung der chinesischen Schrift bestimmt, die sich wegen ihrer Einseitigkeit besonders hierfür eignet. Sie ist bis heute eine reine Wortschrift geblieben, eine Mischung von ideographischen, phonetischen und determinativen Schriftzeichen; sie kennt rund vierzigtausend verschiedene Zeichen, von denen vier- bis zehntausend für die Umgangssprache ausreichen.

Die Babylonier entwickelten die ägyptische Schrift durch eine andere Form der Phonetisierung weiter. Sie gaben bestimmten Bildzeichen nicht den Lautwert des ganzen Wortes, sondern nur den der Anfangsilbe. Dies führte zur Silbenschrift; das Bildzeichen wird gleichbedeutend mit dem Lautwert der Anfangsilbe des dargestellten Wortes. Durch die Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Silben erreichte man schon eine erhebliche Rationalisierung der Schrift, die Babylonier konnten auf diese Weise mit einigen hundert Zeichen ihren gesamten Wortschatz darstellen.

Gibt man einem Bildzeichen schließlich nur noch die Bedeutung des ersten Buchstabens des dargestellten Gegenstandes, kommt man endlich zur Buchstabenschrift, wie wir sie heute kennen. Sie stellt die rationellste Methode zur schriftlichen Wiedergabe der Sprache dar, denn sie bedarf nur rund 25 verschiedener Zeichen, um jedes beliebige Wort schreiben zu können. Diese Entwicklung der Buchstabenschrift wurde von den Phöniziern eingeleitet, die allerdings noch keine Buchstaben für Vokale einführen. Erst die Griechen vervollkommneten das Alphabet durch Vokalzeichen zu seiner jetzigen Form. Welche Bedeutung diesem konsequenten Zuendeführen einer Jahrtausende währenden Entwicklung zukam, ist den Griechen, wie wir später noch sehen werden, offenbar klar bewußt gewesen.

Hand in Hand mit der Rationalisierung des Begriffsinhaltes der Schriftzeichen ging auch die Rationalisierung der graphischen Form. Die ältesten hieroglyphischen Zeichen, die noch äußerst naturalistische Gegenstände darstellten, änderten sich mit dem Übergang von der Steinmetzarbeit zu anderen Schreibtechniken zu immer einfacheren Formen (Bild 1). In der hieratischen und demotischen Schrift läßt sich noch zum Teil die Abstammung von den alten Hieroglyphen er-

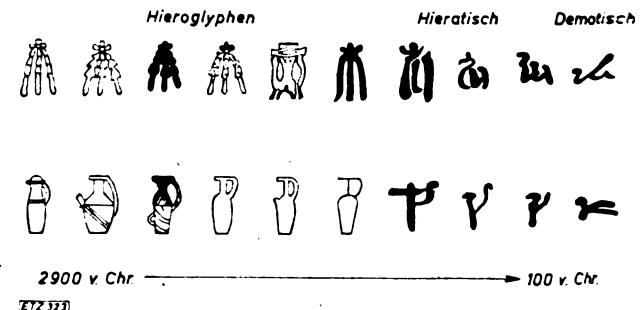


Bild 1. Entwicklung der hieroglyphischen, hieratischen und demotischen Schrift.

\* Auszug aus einer Antrittsvorlesung, gehalten an der T. H. Aachen im November 1950.



1. März 1951

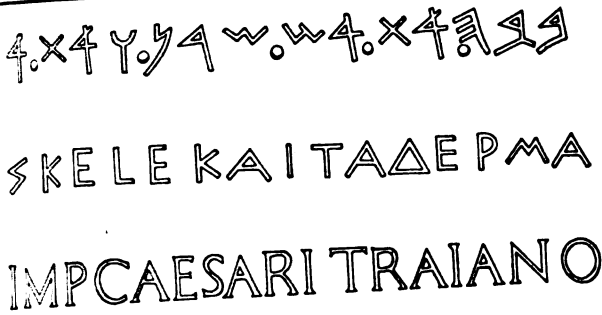


Bild 2. Schriftarten. Oben: aus einer phönizischen Stele um 850 v. Chr.; Mitte: aus einer griechischen Stele, 5. Jahrh. v. Chr.; unten aus der Trajanssäule in Rom um 114 n. Chr.

kennen, die Form ist aber bereits sehr vereinfacht. In der Keilschrift wird das Äußerste an Rationalisierung der Form erreicht, die Beschränkung auf ein einziges graphisches Element, den Keil, der in verschiedenen Kombinationen verwendet wird; aber sie ging, vielleicht auch weil sie bis auf wenige späte Ausläufer noch keine vollkommene Buchstabenschrift war, wieder verloren und die phönizische Buchstabenschrift bedurfte wieder einer ziemlich großen Zahl graphischer Grundelemente zur Darstellung ihrer Schriftzeichen (Bild 2). Es ist wiederum das große Verdienst der Griechen, nicht nur das vollständige Alphabet geschaffen zu haben, sondern auch in graphischer Hinsicht die Zeichen sinnvoll rationalisiert zu haben. Die Buchstaben der griechischen Schrift und der römischen Antiqua stellen in unserer heutigen Buchstabenschrift wohl den vorläufigen Höhepunkt der graphischen Durchbildung dar, ihre Elemente bestehen nur aus wenigen Geraden und Bögen und lassen sich trotzdem leicht und deutlich unterscheiden.

Bild 3 zeigt die durch fortschreitende Unterteilung des Nachrichteninhaltes und Rationalisierung der Schriftzeichen gekennzeichnete Entwicklung in schematischer Form. Das Ergebnis ist die Möglichkeit, durch Kombinationen weniger Grundelemente eine große Mannigfaltigkeit zu erreichen. So ergeben 25 Buchstaben (bei maximal 12 Buchstaben je Wort) rd.  $10^{16}$  Wortmöglichkeiten.

Wenn man bedenkt, daß Homer noch mit rund 9000 verschiedenen Worten und das neue Testament mit nur 5000 Worten ausgekommen ist, daß Shakespeare aber schon gegen 20000 Worte benützte und der heutige Wortschatz der deutschen Sprache auf 80000 Worte geschätzt wird, dann sieht man doch, daß die  $10^{16}$  Wortmöglichkeiten der 25 Buchstaben noch immer einen sehr weiten Rahmen für die lebendige Weiterentwicklung der Sprachen lassen.

Am offensichtlichsten wird der Gewinn, der mit der systematischen Unterteilung des Nachrichteninhaltes bis zu den Buchstabenelementen der Sprache verbunden ist, im Buchdruck mit auswechselbaren Lettern; er zeigt den erreichten Grad der Rationalisierung am deutlichsten. Jeder beliebige Gedanke kann nunmehr mit relativ geringem Aufwand schriftlich fixiert und beliebig oft vervielfältigt werden.

III

Die Schrift überbrückt grundsätzlich auch den Raum, aber sie löst diese Aufgabe nur unvollkommen, denn der

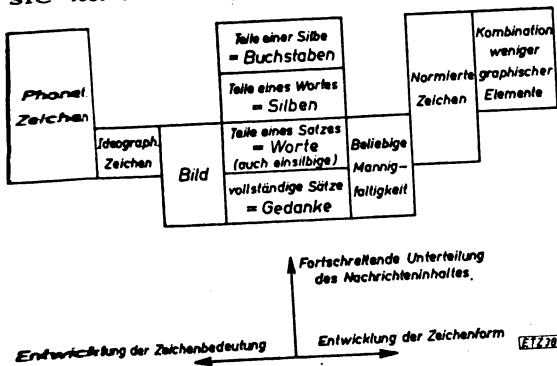


Bild 3. Schema der Schriftentwicklung.

Transport eines Schriftstückes bedarf eines oft nicht unerheblichen Aufwandes. Parallel zur Entwicklung der Schrift finden wir deswegen auch immer wieder Versuche, Nachrichten schnell über größere Entfernungen zu übermitteln. Seit rund 150 Jahren hat sich für dieses Nachrichtenmittel der Begriff „Telegraphie“ eingeführt. Diese Technik soll die Ausbreitung physikalischer Zustandsänderungen der Nachrichtenübermittlung dienstbar machen; in erster Linie kommen hierfür Schallwellen großer Leistung und elektromagnetische Wellen in Betracht.

Ebenso wie bei der Entwicklung der Schrift ursprünglich ein vollständiger Gedankeninhalt in einem einzigen Bild zusammengefaßt wurde, enthielten auch die ersten telegraphischen Zeichen in Form von Licht- und Schallsignalen jeweils eine vollständige Nachricht. Die bis heute erhaltene Trommelsprache der primitiven Völker überträgt nicht etwa Worte, sondern benutzt einen eigenen Code, der jedem Zeichen einen vollständigen Nachrichteninhalt zuordnet. Die Luftschallsirene ist ein modernes Beispiel dieser Form der Telegraphie.

Zu einem Zeitpunkt, in dem die Schrift die Nachricht in Buchstabenelemente unterteilt hatte, lag es nahe, auch telegraphische Nachrichten in ihre Elemente zu zerlegen und diese Elemente zu übertragen. Der optische Telegraph benutzte zur Lösung dieser Aufgabe in erster Linie die Ordnung bestimmter Zeichen im Raum. Es waren wiederum die Griechen, die schon um 450 vor Christi die 24 Buchstaben ihres Alphabetes in ein Quadrat mit  $5 \times 5$  Feldern einordneten und durch Fackelzeichen die Zuordnung der einzelnen Buchstaben ihrer Nachricht in diese Felder durch Angabe der Spaltenziffern übertrugen, ähnlich wie heute die Stellung der Schachfiguren auf dem Brett angegeben wird. Noch deutlicher finden wir die räumliche Orientierung bei den optischen Telegraphen aus dem Anfang des letzten Jahrhunderts, bei denen die Buchstaben durch bestimmte Stellungskombinationen von Signalarmen an einem weithin sichtbaren Mast gebildet wurden.

Auch in den ersten Anfängen der elektrischen Telegraphie finden wir noch die räumliche Orientierung der Zeichen, so bei dem Sommering-Telegraphen um 1809, der über 25 Leitungen an 25 verschiedenen Elektroden eine elektrolytische Zersetzung auslösen konnte und jeder dieser Elektroden einen Buchstaben zuordnete, oder bei dem Fünfnadeltelegraph von Cooke und Wheatstone um 1837, der mit nur 5 Leitungen und einer Rückleitung die Buchstaben durch die Kombination von zwei Zeigerstellungen darstellte.

Die entscheidende Entwicklung der Telegraphentechnik setzte aber erst dann ein, als man dazu überging, die zeitliche Ordnung von Telegraphiezeichen zur Kennzeichnung des Nachrichteninhaltes zu benutzen. Mit Hilfe der Zeit kann man auf verschiedene Weise telegraphische Zeichen darstellen. So kann man die Zeitdauer eines Signales oder den zeitlichen Abstand zweier Signale ändern und dadurch eine Nachricht übermitteln. Auch dieses Verfahren ist schon 360 v. Chr. von den Griechen in folgender Form angewandt worden: Am Sende- und Empfangsort, die durch Lichtsignale untereinander verkehren konnten, befand sich je ein gleichgestaltetes zylindrisches Gefäß mit einer verschließbaren kalibrierten Ausflußöffnung am Boden. Zu Beginn der Nachrichtenübertragung mußten beide Gefäße voll mit Wasser gefüllt sein; auf der Wasseroberfläche schwamm eine Korkscheibe, an der ein senkrecht nach oben zeigender Meßstab befestigt war. Beim Aufleuchten eines Lichtsignales öffneten Sender und Empfänger gleichzeitig ihre Ausflußöffnung und der Sendende beobachtete das Absinken des Meßstabes, dessen einzelne Marken bestimmten Nachrichten entsprachen. Beim Erreichen der gewünschten Marke wurde das Lichtsignal gelöscht und dadurch der Ausfluß geschlossen. Der Empfänger konnte nun an seinem Meßstab die gewünschte Nachricht ablesen. Dies Verfahren ist in der elektrischen Telegraphie ebenfalls in verschiedenen Formen angewandt worden, seine höchste technische Vollendung fand es wohl im Hughes-

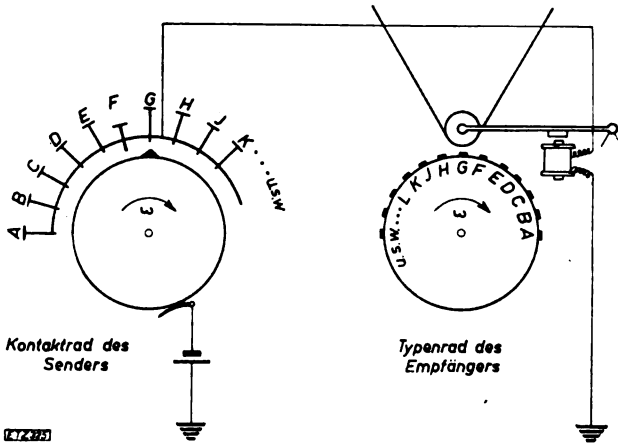


Bild 4. Schema des Hughes-Telegraphen.

Schreiber (Bild 4), der vor nahezu hundert Jahren als Schnelltelegraph eingeführt wurde und bis etwa zum Beginn des ersten Weltkrieges weit verbreitet war. Das bei ihm benutzte Verfahren, aus der Zeitdauer eines Telegraphenzeichens auf seine Bedeutung zu schließen, stellt aber bei hohen Telegraphiegeschwindigkeiten so große Anforderungen an den Synchronismus der Vorgänge in den Sende- und Empfangsgeräten, daß die Entwicklung derartiger Telegraphieverfahren in den letzten Jahren nicht weitergetrieben worden ist.

Eine andere Möglichkeit der zeitlichen Ordnung der Telegraphiezeichen besteht darin, den zu übertragenden Buchstaben durch die Anzahl der aufeinander folgenden (unter sich gleichen) Zeichenelemente darzustellen. Dies Verfahren führt aber bei 25 Buchstaben (und gegebenenfalls zusätzlichen Ziffern und Satzzeichen) zu einem erheblichen Aufwand an Signalzeichen für die Übertragung eines einzigen Buchstabens.

Die erfolgreichsten Lösungen der Telegraphentechnik wurden gefunden, als man dazu überging, die Buchstabenelemente der Nachricht noch weiter zu zerlegen und sie durch die zeitliche Kombination leicht unterscheidbarer Signalelemente zusammensetzen. Der erste Vorschlag stammt von dem Erlanger Professor Schweiger aus dem Jahre 1811. Seine Vorschläge wurden aber nicht praktisch ausgeführt und erst Gauß und Weber realisierten diesen Gedanken 1833, indem sie als Grundelemente den positiven und negativen Ausschlag eines Galvanometers benutzten. Aus verschiedenen Kombinationen dieser beiden Zeichenelemente bildeten sie ein vollständiges Alphabet.

Morse führte seit etwa 1840 als Zeichenelemente kurze und lange Stromstöße ein. Auch er benutzte also noch zwei verschiedene Elemente, die sich aber durch ihre Zeitdauer unterschieden und dadurch außer zur elektromagnetischen auch genau so gut zur optischen oder akustischen Übertragung geeignet sind. Dadurch gewann das Morse-Telegraphenalphabet (Bild 5) eine sehr umfassende Bedeutung, zumal Morse die Buchstaben sehr sinnvoll zerlegt hat; er gab denjenigen Buchstaben, die in der Sprache am häufigsten vorkommen, die kürzesten Kombinationen, so daß der Zeitaufwand auf das mit diesem Verfahren mögliche Minimum zurückgeht.

Die bis jetzt vollkommenste Lösung einer jederzeit auch mechanisch in Typendruck zu übersetzenden Telegraphenschrift fand man durch eine Zerlegung der Buchstaben in je

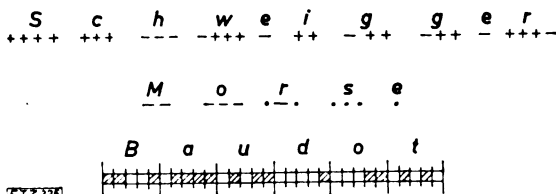


Bild 5. Telegraphenalphabet. Oben Gauß-Weber (2 Zeichenelemente), Mitte Morse (2 Zeichenelemente), unten Baudot (1 Zeichenelement).

5 gleiche Zeitelemente, die man in verschiedenen Kombinationen mit nur einem einzigen Signalelement ausfüllt, z. B. einem Stromstoß einheitlicher Länge. Wieviele und welche der 5 Zeitschritte einen Stromstoß erhalten oder nicht, diese einfache Unterscheidung gibt schon  $2^5 = 32$  Zeichen. Benutzt man nur ein einziges davon als Umschaltzeichen ähnlich dem Umschalthebel für große Buchstaben an der Schreibmaschine, dann lassen sich 63 verschiedene Buchstaben, Ziffern und Satzzeichen übertragen. Hierzu ist nur die Fünferkombination eines einzigen Zeichenelementes notwendig. Die graphische Einfachheit der Keilschrift ist wieder erreicht, verbunden mit einem Optimum an rationaler Zerlegung des Nachrichteninhaltes. Bei diesem Verfahren vermag die moderne Fernschreibmaschine bis zu 450 Buchstaben in der Minute in Druckschrift zu übertragen; die Aufgabe, die schriftlich niedergelegte Nachricht auch schnell von Ort zu Ort zu transportieren, ist weitgehend gelöst. Voraussetzung dazu war die immer weitergehende Unterteilung des Nachrichteninhaltes; die Entwicklung ging den klaren Weg vom Bild mit seiner unendlichen Mannigfaltigkeit über die Bilderschrift, die Silbenschrift, die Buchstabenschrift zum Fünferalphabet des Fernschreibers, das nur noch die Kombinationen eines einzigen Grundelementes kennt.

IV

Es wurde schon erwähnt, daß die Entwicklung der Photographie dem Bild als Nachrichtenträger wieder eine gewisse Bedeutung gegeben hat. Es war naheliegend, auch die telegraphische Übertragung von Bildern aufzugreifen. Ebenso, wie man bei der Entwicklung der Schrift und der Buchstabentelegraphie die erfolgreichsten Lösungen durch feinere Unterteilung des Nachrichteninhaltes fand, konnte auch die telegraphische Übertragung von Bildern nur so verwirklicht werden, daß man den Bildinhalt weitgehend in Einzelelemente zerlegt und die den einzelnen Bildelementen zugehörigen Farb- oder Schwärzungsgrade nacheinander überträgt.

Die Entwicklung des Filmes führte dazu, konkrete Vorgänge auch in der Bewegung festzuhalten. Die Überbrückung des Raumes bei der Nachrichtenübermittlung durch bewegte Bilder gelang durch das Fernsehen, das auf einer doppelten Zerlegung der sichtbaren Vorgänge beruht: sie werden in eine Folge von Einzelbildern zerlegt und jedes dieser Bilder wieder in eine große Zahl von Einzelelementen, die nach einem bestimmten Schema in zeitlicher Aufeinanderfolge übertragen werden.

Film und Fernsehen ermöglichen so eine Berichterstattung körperlicher Vorgänge über Zeit und Raum hinweg, ohne die Hilfe der Sprache zu brauchen. Sie stellen gegenüber der ideographischen Bilderschrift ein wesentlich vervollkommnetes Nachrichtenmittel dar, das invariant gegen die jeweilige Sprache des Empfängers ist. Aber ebenso wie die ideographische Bilderschrift bleibt diese Mitteilungstechnik im wesentlichen auf die Wiedergabe konkreter Vorgänge beschränkt.

V

Schrift und Buchstabentelegraphie vermögen den Gedankeninhalt des gesprochenen Wortes zeitlich zu fixieren und über beliebige terrestrische Entfernungen zu übertragen, das bewegte Bild des Filmes und des Fernsehgerätes vermögen das Gleiche für körperliche Vorgänge. Aber beide Verfahren erreichen nicht die Möglichkeiten der lebendigen Sprache. Melodiekurve und Betonung des gesprochenen Satzes erweitern dessen Nachrichteninhalt über den grammatikalischen hinaus. So mußte das Bestreben der technischen Entwicklung auch zu dem Versuch führen, die Sprache selbst, d. h. die Schallwellen des gesprochenen Wortes fixierbar und übertragbar zu machen. Die Möglichkeit hierzu gab die Elektrotechnik, es entstanden das Telephon, der Rundfunk, die Schallplatte, das Lichttonband und der Magnettonträger. Das Ziel aller Entwicklungen auf diesem Gebiet war lange Zeit, die Umwandlung der akustischen Schwingungen in

elektrische, ihre Übertragung und Rückumsetzung so naturgetreu wie möglich zu gestalten. In neuester Zeit zeichnen sich aber Entwicklungen ab, die auch bei der Sprachaufzeichnung und -übertragung zu ähnlichen Tendenzen einer Unterteilung des Nachrichteninhaltes führen, wie wir sie bei der Entwicklung der Schrift- und Telegraphenzeichen gefunden haben.

Die eine dieser Entwicklungen entstand aus der Aufgabe, in elektrische Schwingungen umgewandelte Sprachschwingungen einer höherfrequenten elektrischen Schwingung aufzutragen und nicht die ursprünglichen Sprachschwingungen zu übertragen, sondern die mit ihr modulierte hochfrequente Schwingung. Während man anfangs auch hier die Modulation durch die Sprachschwingung so naturgetreu wie möglich machen wollte, geht man jetzt in manchen Fällen dazu über, die Sprachschwingung sowohl nach der Zeit als auch nach der Amplitude zu zerlegen. Man teilt den zeitlichen Ablauf der Sprachschwingung in eine bestimmte Zahl gleicher Zeitelemente und ordnet jedem Zeitelement den Mittelwert der in dieses Intervall fallenden Amplitude der Schwingung zu. Die so ermittelten Amplitudenwerte werden nun ihrerseits einer in diskrete Stufen unterteilten Amplitudenskala eingeordnet. Die einzelnen Stufen dieser Skala werden dann schließlich wieder genau wie bei dem Fünferalphabet der Telegraphie durch Kombination eines einzigen Signalelementes dargestellt. Ordnet man beispielsweise jedem Zeitelement der Schwingungsabtastung eine Fünferkombination des Signalelementes zu, so lassen sich  $2^5 = 32$  Amplitudenstufen darstellen, eine Sechserkombination ergibt eine Amplitudenskala von  $2^6 = 64$  Stufen und so fort. Die richtige zeitliche Ordnung eines einzigen Signalelementes kann somit beliebige Schwingungsformen darstellen und zwar umso genauer, je größer die Maximalzahl des Zeichenelementes für eine Periode der abzubildenden Schwingung oder ihrer Oberschwingungen wird.

Mit diesem Zerlegungsverfahren überträgt man Schwingungsvorgänge mit Hilfe zeitlicher Kombinationen eines einzigen Signalelementes. Das ist ein Hilfsmittel der Übertragung ähnlich der Zerlegung der Buchstaben in das Telegraphen-Fünferalphabet. Die Impuls-Code-Modulation führt also noch nicht zu grundsätzlich neuen Formen der Mittelungstechnik.

Anders ist es aber bei der zweiten Zerlegungsform der Sprachschwingungen in Form der analytisch-synthetischen Telephonie und der „sichtbaren Sprache“ (visible speech). Um dies Verfahren erklären zu können, muß kurz auf die physikalischen Eigenschaften der Sprachschwingungen eingegangen werden.

Die einzelnen Sprachlaute unterscheiden sich, physikalisch betrachtet, durch das Frequenzspektrum ihrer Schwingungen, und zwar sowohl durch den Typus des Spektrums als auch durch die Energieverteilung innerhalb des Spektrums. Vokale zeigen in erster Linie ein diskretes Spektrum ganzzahliger Teiltöne, deren Energiemaxima in bestimmten, für die einzelnen Vokale charakteristischen Frequenzgebieten, den sog. Formanten liegen. Stimmhafte Konsonanten sind dagegen durch mehr oder minder kontinuierliche Spektren ge-

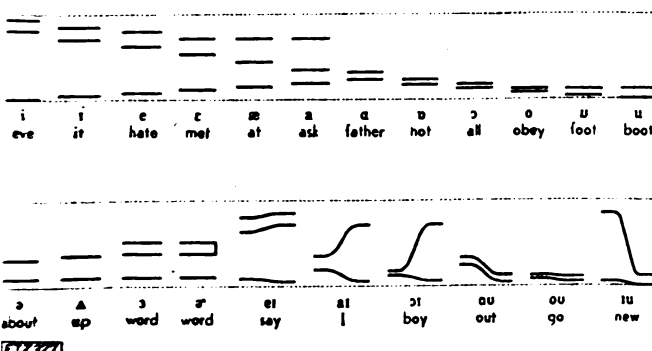


Bild 6. Die Vokale der englischen Sprache nach dem Visible-speech-Verfahren.

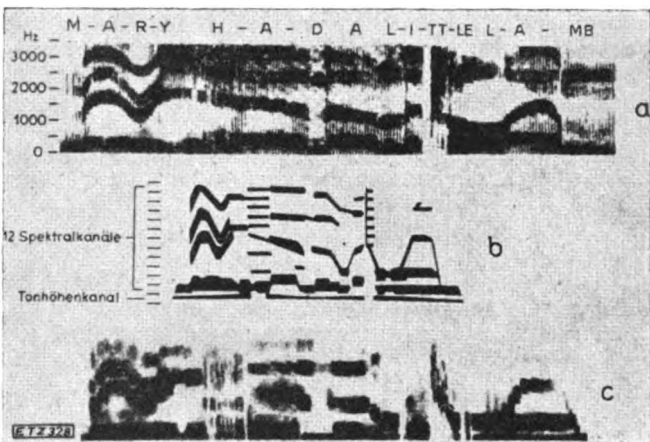


Bild 7. Playback-Verfahren. a) Visible-speech-Diagramm eines gesprochenen Satzes, b) vereinfachtes Schwarz-Weiß-Muster mit Aufteilung in 13 Kanäle, c) Diagramm des synthetisch erzeugten Satzes.

kennzeichnet, die ebenfalls wieder charakteristische Energiemaxima haben können. Eine dritte Gruppe von Sprachlauten läßt sich als Ausgleichsvorgänge der oben beschriebenen Schwingungsformen deuten.

Die modernen Mittel der elektrischen Nachrichtentechnik geben die Möglichkeit, das Frequenzspektrum der Sprachschwingungen in diskrete Teilbereiche aufzulösen und damit den physikalischen Inhalt der Sprache zu unterteilen. Zeichnet man hierbei die gewonnene Analyse des Frequenzspektrums in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf, dessen Abszisse die Zeitachse und dessen Ordinate die Frequenzskala darstellt, dann läßt sich die Spektralverteilung in Abhängigkeit von der Zeit erkennen. Dies Verfahren führt zu einer echten phonetischen Schrift, die gegenüber allen bisherigen Schriften den großen Vorteil hat, daß sie mit dem Auge lesbar und durch die Zwischenschaltung geeigneter Abtastgeräte auch mit dem Ohr hörbar ist (Bilder 6 und 7).

Diese Form der phonetischen Schrift, für die sich in Amerika die Bezeichnung „visible speech“ eingeführt hat, ist eine graphische Darstellung des tatsächlichen physikalischen Gehaltes der Schallwellen, die beim Sprechen erzeugt werden. Sie führt zu einer sichtbaren Fixierung der Sprache, die nach einiger Übung ebenso gut zu lesen ist wie Buchstabenschrift, die aber darüber hinaus nun auch alle individuellen Feinheiten der lebendigen Rede, die Melodiekurve und die Betonung abzulesen gestattet. Die Sprache wird erneut zum Bild, aber das Bild gibt den physikalischen, nicht den Gedankeninhalt des gesprochenen Wortes wieder. Während die Bilderschrift ohne Kenntnis der jeweiligen Sprache gelesen werden kann, setzt das Lesen der „sichtbaren Sprache“ die Kenntnis der jeweiligen Sprache (einschließlich ihrer Aussprache) am stärksten von allen Schriftarten voraus, dafür eröffnet sie andererseits Möglichkeiten durch die zusätzliche Abbildung der Betonung und Melodiekurve, die keine der bisher bekannten Schriftarten besitzt.

Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß es auch schon früher Versuche zur Entwicklung einer „sichtbaren Sprache“ gegeben hat. Schon 1667 stellt Helmont die Vermutung auf, daß die hebräischen Schriftzeichen ein „natürliches Alphabet“ seien, da sie die zu den dargestellten Lauten gehörigen Stellungen der menschlichen Sprachorgane abbildeten. Diese Vermutung konnte zwar bald widerlegt werden, aber 1668 stellte Wilkins ein Alphabet aus Zeichen zusammen, die auch nach unseren heutigen viel umfassenderen Kenntnissen den jeweiligen Erzeugungsmechanismus der Sprachlaute schon gut darstellten.

Noch steht die Entwicklung der sichtbaren Sprache zu sehr in ihren Anfängen, um schon beurteilen zu können, welche Bedeutung sie einmal erlangen wird. Die Zerlegung des physikalischen Inhaltes der Sprache findet zur Zeit in erster Linie Interesse im Zusammenhang mit der Technik des Fernsprechens auf große Entfernungen, da dort der wirtschaftliche Aufwand für den Übertragungsweg wesentlich verringert werden kann, wenn man statt der Sprach-

schwingung selbst nur die vereinfachte Analyse des Frequenzspektrums überträgt. Aber das Grundprinzip in beiden Fällen, nämlich die Zerlegung der Mannigfaltigkeit eines Komplexes in einige Grundelemente, liegt so sehr in der großen Linie die Entwicklung der Technik der menschlichen Mitteilung, daß man die künftigen Fortschritte auf diesem Gebiet aufmerksam verfolgen sollte.

## VI

Die Geschichte der Menschheit zeigt uns im Laufe der Jahrtausende ein stetes Werden und Vergehen der Kulturen. Vieles, was der menschliche Geist geschaffen hat, ging im Laufe der Zeit wieder verloren, aber manche Ent-

wicklungen wurden von immer neuen Kulturen wieder aufgegriffen und fortentwickelt. Zu diesen Entwicklungen gehört auch die Technik der menschlichen Mitteilung, ein Zeugnis nie erlöschender geistiger Arbeit des Menschen.

Die Aufgabe des Ingenieurs ist es, an der weiteren Vervollkommnung dieser Technik mitzuarbeiten. Der Mensch im Ingenieur darf aber bei dieser Arbeit das Auge nicht vor den ungeheuren Gefahren verschließen, die in einem Mißbrauch der künftigen Möglichkeiten der gedanklichen Kommunikation über Raum und Zeit hinweg liegen können. Bemühe sich daher gerade auch der Ingenieur, dazu beizutragen, daß die Technik der menschlichen Mitteilung zum Segen der Menschheit und nicht zu ihrem Verderben angewendet wird.

## Die IV. Weltkraftkonferenz London 1950

Von Erich Schulze, Berlin

DK 420.9 (061.3)

Die IV. Weltkraftkonferenz fand vom 10. bis 15. Juli 1950 in London statt. Sie behandelte das Thema „Weltenergiequellen und Kraftzerzeugung“ mit dem Ziel, einen internationalen Gedankenaustausch über die bestmögliche Nutzung der Brennstoffe und Kraftquellen der Welt zu pflegen. Im Anschluß an die Konferenz führten zahlreiche Studienreisen durch Großbritannien zur Besichtigung bedeutender Industrierwerke und Anlagen der Energiewirtschaft.

Auf der Konferenz waren etwa 1600 Teilnehmer aus 47 Ländern anwesend, darunter etwa 600 britische, 120 französische und 65 amerikanische Fachleute. Aus der Sowjetunion fanden sich erst gegen Ende der Konferenz 4 Fachleute ein, die in der Aussprache über das Thema Atomenergie Kritik<sup>1</sup> an einem amerikanischen Fachbericht übten. Von Deutschland nahmen 14 Fachleute an der Konferenz teil; sie galten aber noch nicht als offizielle Vertreter Deutschlands oder einer deutschen Organisation, sondern waren als persönliche Teilnehmer durch den Vorsitzenden des Internationalen Exekutivrates der Weltkraftkonferenz eingeladen worden. Die deutschen Teilnehmer wurden in London von ihren früheren Bekannten wärmstens begrüßt und konnten als besonders wichtiges Ergebnis der Konferenz zahlreiche neue Verbindungen mit anderen ausländischen Fachkreisen knüpfen.

Die Konferenz und die Studienreisen verliefen glatt und erfolgreich dank der hervorragenden Organisation und der großen Gastfreundschaft seitens der britischen Veranstalter. Der gesellschaftliche Rahmen der Konferenz war glanzvoll und zweckdienlich zugleich; er bestand aus den beiden Empfängen durch die britische Regierung im Technischen Museum zu Kensington und durch die Stadt London in der imposanten Guildhall der City und fand seine Krönung durch ein offizielles Bankett im Grosvenor House, das die Teilnehmer in geschickt gewählter Tischordnung zu einem persönlichen Gedankenaustausch zusammenführte und mit bemerkenswerten Ansprachen<sup>2</sup> abgeschlossen wurde.

Die fachliche Arbeit der Konferenz bestand in der Erörterung von 160 gedruckt vorliegenden Konferenzbeiträgen über die 3 Generalthemen „Entwicklung der Energiequellen seit 1924“, „Brennstoffveredlung“ und „Kraftwerksbau“. Diese Diskussionen fanden in 19 durchweg gut besuchten Fachsitzungen von je 2½ h Dauer statt und gestalteten sich dadurch besonders ertragreich, daß jede Fachsitzung durch einen Generalbericht eingeleitet wurde, der die Ergebnisse der Einzelberichte kurz zusammenfaßte und die Kernfragen herausstellte. Es gab insgesamt etwa 380 Diskussionsbeiträge. An der Diskussion beteiligten sich von deutscher Seite A. Rachel (AEG) und F. Münzinger (AEG). Während Rachel über die neuere und zukünftige Entwicklung des deutschen Kraftwerksbaues berichtete, bewies Münzinger die wirtschaftliche Überlegenheit des klassischen Rankine-Prozesses im Dampfkraftwerksbetrieb gegenüber den Field- und Akeret-Keller-Prozessen und gab außerdem Hinweise für die zweckmäßige Ausgestaltung der Überhitzung bei Höchstdruck-Kraftwerken.

Die IV. Weltkraftkonferenz hat nicht nur einen umfassenden Überblick über die neuesten Fortschritte in der best-

möglichen Ausnutzung der Weltenergiequellen vermittelt, sondern auch Entwicklungsrichtungen für die Lösung der zukünftigen Aufgaben gewiesen, die sich teilweise von Ländern zu Weltproblemen ausgeweitet haben und daher die internationale Zusammenarbeit auf der Weltkraftkonferenz erfordern. Die Konferenzberichte und vollständigen Diskussionsbeiträge werden in den Transactions der Konferenz im Sommer 1951 erscheinen, während die Fachzeitschriften hierüber auf den von ihnen vertretenen Gebieten schon vorher berichten<sup>3</sup>.

Für die deutsche Elektrizitätswirtschaft sind die Mitteilungen über das Gebiet des Kraftwerksbaues besonders wichtig. Aus der Fülle des gebotenen Stoffes seien hier nur erwähnt das erfolgreiche Streben nach höchstem thermischem Wirkungsgrad von Kessel und Turbine durch weiteres Steigen der Dampfdrücke und Temperaturen ohne erhöhte Anfälligkeit der Anlagen, wobei für die Betriebsbereitschaft (Verfügbarkeit) allgemein der Grundsatz gilt, daß 1% Betriebsstörungszeit schwerer wiegt als 1% höherer Wirkungsgrad; ferner die hiermit zusammenhängenden Fragen über die Metallurgie der Baustoffe und über die Anwendung der Zwischenüberhitzung, das Abwägen der Vor- und Nachteile der Blockbauweise (je Turbine nur 1 Kessel), die Vergrößerung der Maschineneinheiten sowie allgemeine Untersuchungen über ihre günstigste Größe, über den günstigsten Standort der Kraftwerke und über die Bereitstellung von ausreichenden Kühlwassermengen, Betrachtungen über die Abhängigkeit der Kesselnormung von der schwierigen Brennstoffnormung und schließlich die Fragen, wie weit sich in Kraftwerken neue Kreisprozesse einführen und Gasturbinen mit geschlossenem Kreislauf anwenden lassen und wie die Anwendung der Atomenergie für eine wirtschaftliche Elektrizitätserzeugung beurteilt wird.

Den letzten Stand der Dampfkraftwerks-Technik stellen die großen amerikanischen Höchstdruckwerke in Blockbauweise dar. Diese Kraftwerke haben Einwellenmaschinen bis zu 125 MW für 150 atü und 565 °C mit dem zugehörigen Kessel bis zu 625 t/h mit Zwischenüberhitzung. Die Kessel weisen eine Betriebsbereitschaft von über 96% auf; ihre Wirkungsgrade liegen bei 89,6% (bezogen auf den oberen Heizwert der Kohle), und der Wärmeverbrauch beträgt 2340 kcal/kWh (0,32 kg Kohle/kWh), was einem gesamten Wirkungsgrad des Kraftwerkes von 37% entspricht. Die Kraftwerke haben sich in einem langen Dauerbetrieb bis zu zwei Jahren bestens bewährt. Nach den Diskussionsmitteilungen von A. Rachel befassen sich jetzt auch die deutschen Firmen mit der Herstellung von größten Maschineneinheiten.

Die nächste Teiltagung der Weltkraftkonferenz hat bereits im Januar dieses Jahres in New Delhi (Indien) stattgefunden; auch deutsche Fachleute haben auf Grund einer offiziellen Einladung durch die indische Regierung hieran teilgenommen. Diese Tagung befaßte sich mit den Themen „Elektrizität in der Landwirtschaft“ und „Koordinierung der Entwicklung der Industrien und ihrer Energieversorgung“. Die nächste Vollkonferenz wird turnusmäßig 1956 voraussichtlich in Paris stattfinden.

<sup>1</sup> vgl. z. B. die Notizen in den Zeitungen Times u. The Glasgow Herald vom 15. 7. 1950.

<sup>2</sup> z. B. Rede des indischen Delegierten; VDI-Nachr. Nr. 15 v. 7. 8. 1950.

<sup>3</sup> Gaede: IV. Weltkraftkonferenz London 1950. Elektrizitätswirtschaft (1950) S. 259.

## Elektrische Kochplatten

(Mitteilung aus dem Elektrowärme-Institut Essen/Langenberg)

Von Harald Müller, Essen/Ruhr

DK 621.365.4 : 643.352

**Übersicht.** Zur Frage der Wirkungsgradbestimmung wird Stellung an Hand von Versuchen genommen, Nennleistung und Ableitstrom werden besprochen.

In der letzten Zeit sind eine ganze Reihe von Aufsätzen über die elektrischen Kochplatten erschienen<sup>1</sup>, die nicht nur zeigen, daß auch auf diesem Gebiete die Entwicklung nicht zum Stillstand gekommen ist, sondern daß auch die Frage der Prüfung besonders beachtet wird. Grundlegende Arbeiten über die Wirkungsgradfrage liegen schon länger zurück<sup>2</sup>. Für die Ausbildung der Kochplatte sind nicht nur technische Gesichtspunkte maßgebend, wie ein guter Wirkungsgrad oder ein Höchstmaß von Sicherheit für den Benutzer, sondern in gleichem Maße auch technologische, so z. B. ein möglichst hochwertig zubereitetes Kochgut. Spricht gerade dieser letzte Umstand sehr für eine Kochplatte mit niedriger Oberflächen-temperatur, so führte auf der anderen Seite der Wunsch, ein Gericht in kürzester Zeit zubereiten zu können, zu höheren Temperaturen. Die technische Entwicklung hat zu zwei Plattenformen geführt, die man als Grenzfälle ansehen kann, der Massekochplatte mit niedriger Temperatur und der Glühkochplatte mit etwa 20% höherer Temperatur [3]. Dabei betragen die Temperaturen der leergehenden Massekochplatte etwa 415 °C auf der Plattenoberfläche zwischen den Wendeln und 560 °C unmittelbar über ihnen gemessen, während sie bei der Glühkochplatte mit in Rohr eingebetteter Wendel und Abdeckblech zwischen 550 °C und 670 °C, ohne Abdeckblech zwischen 500 °C (an den Zuführungen) und 740 °C im Höchstfalle liegen<sup>4</sup>. Immerhin sind die Temperaturen auch bei den Glühkochplatten beträchtlich niedriger als bei offenen Flammen, so daß bei einem sich auf den Einfluß der Temperatur der Wärmequelle stützenden technologischen Vergleich für die Masse- und Glühkochplatte etwa gleiche Temperaturen zugrunde gelegt werden können. Messungen haben ergeben<sup>5</sup>, daß die Temperaturen an der Innenseite des Bodens eines wassergefüllten Topfes beim Kochen des Wassers im Mittel bei Masse- und Glühkochplatten bei handelsüblichem Geschirr und bei Geschirr mit verstärktem Boden die gleichen sind; bei verstärktem Boden sind die Unterschiede zwischen Höchst- und Tiefstwert bei beiden Kochplattenarten am kleinsten.

Diese Messungen beweisen, daß vom Standpunkt des Kochgutes aus auch die Entwicklung der Glühkochplatten keineswegs als bedenklich anzusehen ist, denn zweifelsohne ist der kochtechnische Vorteil des Arbeitens mit milden Temperaturen auch bei den Glühkochplatten gewährt. Dieser Vorteil braucht aber nicht mit einer großen Speicherkapazität der Platte gekoppelt zu sein, wie die Entwicklung der letzten Zeit gezeigt hat.

Die Entwicklung der Kochplatte ist einmal bedingt durch die Herstellungsmöglichkeiten, ferner durch die Sicherheitsbestimmungen und die Forderungen der Elektrizitätserzeuger. Wenn auch die Kochplatte mit offener Spirale fabrikatorisch die einfachste Form darstellt, so genügt sie den Sicherheitsansprüchen in der üblichen Form keineswegs. Immerhin hat sie wegen ihres Glühens im Betrieb sicher die Entwicklung der Kochplatten mit glühender Umhüllung des Heizleiters gefördert.

Vom Standpunkt der Sicherheit aus ist wohl das elektrische Kochen bisher von keiner anderen Kochart erreicht worden, und man könnte nach der Unfallstatistik sogar die Glühkochplatten mit offenen Spiralen für unbedenklich erklären, wenn nicht die offensichtliche Gefährdungsmöglichkeit, die sie mit nichtelektrischen Kocheinrichtungen — wenn auch aus anderen Gründen — teilt, vom VDE mit Recht grundsätzlich abgelehnt würde.

### 1. Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad wird nach den üblichen Verfahren entweder aus dem Ankoch- oder aus dem Verdampfungsversuch bestimmt. Im ersteren Falle erwärmt man Wasser von etwa 20 °C auf etwa 95 °C, im letzteren bringt man Wasser zum Sieden und bestimmt die verdampfte Wassermenge. Beim Ankochversuch hängt der Wirkungsgrad stark vom Speichervermögen der Platte ab, beim Verdampfungsversuch nicht. Weiter ist der Wirkungsgrad einer Kochplatte vom aufgesetzten Gut, also dem Topf, abhängig. Diesen Einfluß schaltete C. F. Völker in der schon erwähnten Arbeit [2] aus, indem er das Gefäß ohne Boden auf die Platte lötete und somit einwandfreie Übergangsbedingungen schuf. Der vom Amt für Maß und Gewicht vorgeschlagene Weg<sup>6</sup> dürfte bei aller Würdigung der klaren Überlegungen praktisch mit Schwierigkeiten verbunden und wohl auch nicht für ein Fabrikprüffeld gedacht sein. Man hat sich bisher, um den tatsächlichen Verhältnissen noch etwas näher zu kommen, mit einem Topf beholfen, dessen Boden vollkommen plan sein sollte. Nach DIN 44913 soll der Ankochverbrauch mit Aluminium-Kochtöpfen bestimmt werden, bei denen die Böden von der tangierenden Ebene um nicht mehr als 0,05 mm abweichen<sup>7</sup>. Die Erfüllung dieser Forderung ist praktisch außerordentlich schwierig, nicht nur wegen der Ebenheitsbestimmung, sondern auch wegen der Wassertemperatur von 95 °C und z. B. einer Topffüllung von 3,5 l bei dem für die Platte von 180 mm Dmr. vorgeschriebenen Topf. Bei 95 °C besteht bei den jetzt angestrebten hohen Leistungen der Kochplatten die Gefahr des örtlichen Siedens. Außerdem kommt es schon sehr bald zum allgemeinen Sieden, so daß das Überlaufen des als Kochgut dienenden Wassers sehr oft nicht zu vermeiden ist. Der Verfasser wählte deshalb als Temperaturbereich für den Ankochversuch 20 °C auf 90 °C, als Wasserfüllung 3 l und als Meßtopf einen besonders von ihm entwickelten Topf, der den praktischen Verhältnissen entsprechen soll. Ferner machte er Versuche, um einen neuen Weg der Wirkungsgradbestimmung zu finden, denn weder der Ankoch- noch der Verdampfungsversuch geben einen praktisch interessanten Wert.

Da es sich um richtiges Kochen, nicht nur um ein Anwärmen oder um Kochendwasserbereitung handelt, sind zwei

<sup>6</sup> H. Bock: wie Fußnote 1.

<sup>7</sup> Die Wärmeleitfähigkeit einer Luftschicht ist bei den in Betracht kommenden Temperaturen mit 0,04 kcal/(m·h·grad), bezogen auf die von Aluminium, etwa der 5000te Teil, bezogen auf Stahl der 1250te Teil. Nehmen wir die Dicke der Luftschicht zu 0,1 mm, so entspricht diese der Zwischenschaltung eines 500 mm dicken Aluminiumbodens bzw. 125 mm Stahlbodens, falls diese dicken Schichten keinerlei Wärme an die Umgebung abgeben würden. Daraus ergibt sich ein erhebliches Temperaturgefälle in dieser dünnen Schicht, da eine Konvektion bei so dünnen Schichten nicht zu erwarten ist. — Messungen der Unebenheit von Kochplatten im Betrieb vgl. G. Dettmar: Elektrowärme 3 (1933) S. 2.

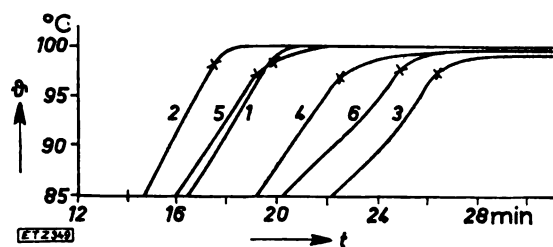
<sup>1</sup> J. Dietlin: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 40 (1949) S. 390; 41 (1950) S. 294; Referat: ETZ 71 (1950) S. 533. — A. Böniger: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 81; Referat ETZ 71 (1950) S. 354. — P. Seehaus: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 121; Referat ETZ 71 (1950) S. 533. — H. Bock: Elektrotechnik, Bln., 4 (1950) S. 161; Referat ETZ 71 (1950) S. 628. — W. Keller: Elektrowärmetechnik 1 (1950) S. 71.

<sup>2</sup> Opackl: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 19 (1928) S. 584. — P. Seehaus: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 22 (1931) S. 225/260. — C. F. Völker: Elektrowärme 3 (1933) S. 110, Mitt. Forsch. Inst. f. Elektrowärmetechnik T. H. Hannover, H. 9, Berlin 1932.

<sup>3</sup> R. Heierberg: Elektrowärme 8 (1938) S. 223. — Voigt: Elektrowärme 6 (1936) S. 90. Es sei der Hinweis gestattet, daß es sich außer in Falle der besonders ausgeführten Platte mit einer in ein Stahlrohr eingebetteten Wendel ohne Abdeckblech auch bei den sogenannten Flachschichten nicht um Strahlungsschichten handelt. Die Wärme wird überwiegend durch Wärmeleitung über.

<sup>4</sup> Die hier angeführten Zahlen sind Mittelwerte aus Veröffentlichungen früherer Zeit (Völker a. a. O., Voigt a. a. O.). Vom Verfasser wurden auf Grund eines auf der Messung der Ableitströme beruhenden Verfahrens ähnliche Werte bestimmt. Das Verfahren liefert an sich einen Mittelwert auf einfache Weise, während die thermometrisch gemessenen Einzelwerte wegen der Schwierigkeit der Messung nicht sehr leicht zu gewinnen sind, wenn sie zuverlässig sein sollen. Mitteilungen über das Verfahren folgen demnächst.

<sup>5</sup> Voigt: Elektrowärme 6 (1936) S. 246.



**ETZ 72**  
 Kurve 1 Al.-Spez.-Topf auf schwer. Massekochplatte  
 Kurve 2 . . . auf Stabkochplatte  
 Kurve 3 . . . auf Glühkochplatte  
 Kurve 4 Meßtopf 0,5 auf schwer. Massekochplatte  
 Kurve 5 . . . auf Stabkochplatte  
 Kurve 6 . . . auf Glühkochplatte  
 Verkürzte Maßstäbe! Die Punkte X stellen den Einsatz der Dampfentwicklung dar.

Bild 1. Verlauf der Wassertemperatur  $\vartheta$  über der Zeit  $t$  für verschiedene Kochplatten und Kochgefäße.

Vorgänge aneinandergeschlossen, das Ankochen und das Fortkochen. Es ist hier belanglos, ob das Fortkochen mit voller oder verminderter Leistung vor sich geht. Wichtig ist nur, daß man im Küchenbetrieb fast stets weiter kocht, und zwar im Mittel mit Zeiten, die in der Größenordnung der Ankochzeiten liegen. Deshalb schlägt der Verfasser vor, den Wirkungsgrad folgendermaßen zu bestimmen:

Ankochen bis zum Sieden, Weiterkochen 15 min lang mit voller Leistung. Bestimmung des Wirkungsgrades ohne Berücksichtigung des Wasserwertes des Prüftopfes aus der Wärmeaufnahme des Wassers bis zum Sieden und der des verdampften Wassers. Zu messen sind die gesamte elektrische Arbeit, die Ausgangstemperatur (rd. 20 °C), die Siedetemperatur (rd. 100 °C, je nach Luftdruck), und die verdampfte Wassermenge durch Wägung bei Versuchsbeginn und nach 15 min Sieden.

Bei der Bestimmung des Siedeeintrittes wurde so vorgegangen, daß an einer kleinen Deckelbohrung das Auftreten von Dampf als Zeichen des Siedebeginnes unter gleichzeitiger Beobachtung der Temperatur des Wassers gewählt wurde. Bei Beobachtung des Luftdruckes kann man die Siedetemperatur sogar genau vorher bestimmen und als Beginn des Siedens den Zeitpunkt wählen, an dem die vorausbestimmte Siedetemperatur erreicht ist. Bild 1 zeigt den Verlauf der mit zwei Thermoelementen in  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{8}$  Höhe des genannten Wasserinhaltes gemessenen Temperatur über der Zeit. Auch diese Kurven zeigen, daß der Zeitpunkt des Siedebeginns kaum falsch gewählt werden kann. Selbst bei der ungünstig-

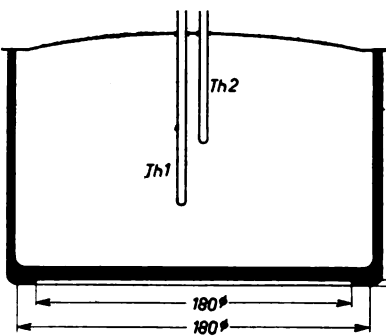
**Tafel 1.** Prozentuale Wirkungsgrade beim Ankoch-, Verdampfungs- und kombinierten Ankoch- und Verdampfungsversuch (Ankochen auf anfangs kalter Platte).

		schwere Kochpl.	leichte Kochpl.	Mulden-Kpl.	Glüh-Kpl.	Stab-Kpl.
Nennleistung	W	1200	1200	1500	1200	1200
Tatsächlich aufgenommen	W	1190	1190	1475	1210	1170
1) Al.-Spez.-Topf	%					
	I	68	71	71	46	68
	II	98	98	96	61	91
	III	82	85	84	50	79
2) Al.-Topf handelsübl.	%					
	I	60	70	66	46	63
	II	98	98	96	60	82
	III	80	84	79	50	71
3) Stahl-Spez.-Topf	%					
	I	55	64	65	47	68
	II	93	89	89	63	94
	III	70	77	77	52	80
4) Stahltopf handelsübl.	%					
	I	60	59	62	54	70
	II	89	94	88	62	81
	III	72	75	66	56	74
5) Meßtopf 0,5 gem. Bild 2	%					
	I	52	59	61	51	65
	II	93	99	98	68	90
	III	68	77	77	56	75

I Ankochversuch, II Verdampfungsversuch, III komb. Ankoch- und Verdampfungsversuch.  
 Gewichte der Töpfe: 1) 0,97 kg 2) 0,57 kg 3) 2,40 kg 4) 1,35 kg 5) 1,01 kg. Die Glühkochplatte besteht aus einzelnen Ringen aus Rohreiskörpern ohne Spiegel unter dem Heizrohr. Die Stabkochplatte besteht aus einzelnen Ringen aus flachen Stahlheizkörpern mit Spiegel unter dem Heizstab. Alle Platten haben 180 mm Dmr. Für diesen Durchmesser beträgt die genormte Leistung 1200 W. Die Töpfe sind mit 3 l Wasser gefüllt. — Die Raumtemperatur betrug 20... 25° C.

sten Zusammenstellung „Spezial-Aluminiumtopf auf Strahlkochplatte“ ist der mögliche Fehler gering. Die in Bild 1 eingezeichneten Kreuze zeigen den Beginn der Dampfentwicklung an. Die Thermoelementmessungen ergeben nach dem Kreuz noch ein geringes Ansteigen der Temperatur, weil das Wasser sich allmählich oberhalb durch den aufsteigenden Dampf auf die Endtemperatur erwärmt.

Die Temperatur wurde zunächst mit 3 Eisenkonstantanthermoelementen in  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{8}$  Höhe des Topfinhaltes bestimmt. Da die Temperaturunterschiede niedriger als 1 °C lagen, wurde schließlich nur noch mit zwei parallel geschalteten Thermoelementen in  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{8}$  Höhe gemessen. In Tafel 1 sind Meßergebnisse mitgeteilt, die an sich nur orientieren sollen; sie entstammen einer größeren Versuchsreihe, über die später berichtet werden soll. Die Wasserwerte der Töpfe sind nicht berücksichtigt, weil sie die Vergleichbarkeit der Werte beeinträchtigen und die im Topf gespeicherte Wärme praktisch auch nicht als Nutzwärme zurückgewonnen werden kann. Der aus dem Ankochversuch ermittelte Wirkungsgrad liegt selbst bei den leichten Platten — die Gewichte der Platten nehmen nach rechts zu ab — niedriger als der aus dem kombinierten Versuch ermittelte. Der verhältnismäßig niedrige Wirkungsgrad der Glühkochplatte erklärt sich aus dem Umstande, daß die Wärme tatsächlich überwiegend durch Temperaturstrahlung übertragen wird.



**ETZ 72**  
 $d$  Meßtopf 0,3  $d = 0,3$  mm  
 . 0,5 0,5 mm  
 . 1,0 1,0 mm  
 Th 1, Th 2 Thermoelemente.  
 Bild 2. Ausgestaltung des Meßtopfes für die 180 mm Kochplatten (Die obere Durchmesserangabe muß „150“ lauten).

Die Meßtopfform wurde nach Vergleichsversuchen mit verschiedenen tiefen Eindrehungen gewählt. Tafel 2 gibt eine Übersicht über die Werte, wobei die Zusätze 0,3, 0,5 und 1,0 die Tiefe der Eindrehung  $d$  in mm entspr. Bild 2 bedeuten.

**Tafel 2.** Wirkungsgrade beim Ankoch- und beim Ankoch-Verdampfungsversuch. (a Ankoch-, b Ankoch-Verdampfungsversuch.)

		schwere Kochpl.	leichte Kochpl.	Mulden-Kpl.	Glüh-Kpl.	Stab-Kpl.
Nennleistg.	W	1200	1200	1500	1200	1200
Tatsächl. aufgenommen	W	1190	1190	1475	1210	1170
Meßtopf 0,3	%					
$d = 0,3$ mm	a	53	59	60	45	64
	b	70	76	77	51	75
Meßtopf 0,5	%					
$d = 0,5$ mm	a	53	56	57	49	64
	b	69	73	72	52	75
Meßtopf 1,0	%					
$d = 1,0$ mm	a	50	54	55	47	58
	b	65	70	68	51	66

Die eingedrehten Teile der Topfböden sind mit Kobaltnitrat nach Czochvaski geschwärzt worden. Rezepte für Aluminiumschwarzung: Aluminium-Taschenbuch, Alum.-Zentrale GmbH., Abt. Verlag, Berlin

Man erkennt aus der Tafel, daß zwischen den Werten für die Meßtöpfe keine allzugroßen Unterschiede sind, sie liegen innerhalb 10% des Gesamtwertes für die Ankochwirkungsgrade und innerhalb 12% für den aus dem kombinierten Ankoch-Verdampfungsversuch bestimmten Wert. Da 0,3 mm wegen der möglichen Unebenheiten der Platte zu gering erscheint, wird 0,5 mm gewählt. Nach den Versuchen von Dietlin<sup>8</sup> ist der Prozentsatz der Einbeulungen dieser Tiefe noch sehr erheblich und liegt bei rd. 12%, während Töpfe mit 0,3 mm Einbeulung 13,5% aller untersuchten Töpfe — den höchsten Satz — und mit 1 mm Einbeulung 2% ausmachen. Die Einbeulungen, die Dietlin an 1093 gebrauchten

<sup>8</sup> J. Dietlin: wie Fußnote 1.



Topfen gemessen hat, sitzen sicher nicht so gleichmäßig, wie die dem Dietlinischen Aufsatz entnommenen Bilder 5 und 6 in dem schon erwähnten Bericht in ETZ 71 (1950) S. 533 darstellen; der Topfboden wird eine mehr oder minder große Fläche der Platte berühren und irgendwo eingebault sein. Die statistischen Erhebungen ergeben auch weiter die interessante Feststellung, daß ausgebaulte Töpfe weit seltener als eingebaulte sind, so daß auch aus diesem Grunde die Wahl des Meßtöpfes mit eingedrehtem Boden berechtigt erscheint. Die Meßwerte an den vom Verfasser aus reinen Vereinfachungsgründen gewählten Töpfen mit ringförmiger Ausdrehung entfernen sich nicht weit von den Werten an den verschiedenen in Tafel 1 aufgenommenen Topfarten.

Tafel 3 zeigt einige Werte, die an verschiedenen Töpfen und an 2 Platten verschiedener Ausrüstung gemessen worden sind. Man erkennt aus den Versuchen mit dem ge-

Tafel 3. Prozentuale Ankochwirkungsgrade.

Art der Kochplatte	Glühkpl. o. Spiegel	Glühkpl. m. Spiegel	Stabkpl. o. Spiegel	Stabkpl. m. Spiegel
Nennleistung in Watt	1200	1200	2100	2100
1) Al.-Spez.-Topf	46 (56)	56 (65)	71 (71)	75 (75)
2) Al.-Topf handelsüblich	48 (54)	56 (65)	59 (68)	68 (71)
3) Stahl-Spez.-Topf	48	57	67	71
4) Stahltopf handelsüblich	54	61	61	68
5) Meßtopf 1,0 m. blankem Boden	37	47	54	58
6) Meßtopf 1,0 m. geschw. Boden	49	61	56	66
	etwa betriebs- mäßig	versuchs- mäßig	versuchs- mäßig	betriebs- mäßig

Die Klammerwerte für Topf und 1) und 2) gelten für geschwärzten Topfboden. Die Spalten am weitesten links bzw. rechts entsprechen praktisch dem Anlieferungszustand.

geschwärzten Aluminium-Spezialtopf und dem geschwärzten handelsüblichen Aluminiumtopf, daß bei der als Glühkochplatte bezeichneten Platte tatsächlich der Hauptanteil der Wärme durch Strahlung übertragen wird, während bei der Stabkochplatte der Einfluß der Schwärzung bei dem Aluminium-Spezialtopf vernachlässigbar, der des Spiegels nicht sehr groß ist. Der handelsübliche Aluminiumtopf weist keine so innige Berührung mit der Platte auf. Deshalb ist bei der Stabkochplatte sowohl der Einfluß des Spiegels als auch der Schwärzung für den handelsüblichen Topf sehr stark. Die Werte für den Meßtopf mit geschwärztem Boden liegen etwa so wie bei einem guten handelsüblichen Aluminiumtopf. Die angegebenen Werte sind naturgemäß, zumal bei den handelsüblichen Töpfen, nur Richtwerte, da die Unebenheiten des Bodens sehr verschiedenartig sind und nur sehr viele Versuche mit den verschiedenen Töpfen einen Mittelwert liefern können.

Tafel 3 läßt noch etwas anderes erkennen. Die Stabkochplatten haben eine durchbrochene Oberfläche. Dies ist günstig, weil durch Spiegelung die bei geschlossenen Platten nach unten abgestrahlte Wärme nutzbar gemacht werden kann. Wichtig ist bei solchen Konstruktionen eine bequeme Reinigungsmöglichkeit für den Spiegel, andernfalls wird seine gute Wirkung beeinträchtigt. Zur Erläuterung sind die Ankochwirkungsgrade für eine Stabkochplatte mit 1200 W Nennleistung einmal mit blankem, das andere Mal mit blindgewordenem Spiegel aufgenommen. Zweifelsohne aber stellt die Stabkochplatte eine Entwicklung dar, bei der man diesen Nachteil mit in Kauf nehmen kann, zumal wenn durch bequemes Herausnehmen des Spiegels die Reinigung erleichtert wird. Tafel 4 zeigt den Einfluß der Spiegelbeschaffenheit.

Tafel 4. Prozentuale Ankochwirkungsgrade für zwei Stabkochplatten mit je 1200 W Nennleistung mit blankem und blindem Spiegel.

	Spiegel blank	Spiegel blind
Al.-Spezialtopf	68	63
Al.-Topf handelsübl.	63	55
Stahlspezialtopf	68	53
Stahltopf handelsübl.	70	65

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine Konstruktion hingewiesen, die eine gute Berührung zwischen Topfboden und

Kochplatte dadurch gewährleisten soll, daß die Platte in drei konzentrische bewegliche Ringe aufgelöst worden ist. Sie ist für die Verwendung handelsüblicher Töpfe gedacht<sup>9</sup>. Messungen des Ankochwirkungsgrades haben tatsächlich günstigere Werte für handelsübliche Töpfe als für Spezialgeschirr ergeben. Die Werte liegen aber nicht wesentlich anders als bei leichten Massekochplatten und Muldenkochplatten. Auch ist die Gefahr des Verklebens der Ringzwischenräume bei überfließendem Kochgut nicht von der Hand zu weisen.

## 2. Nennleistung, Fortkochstufe und selbsttätige Regelung der Platten

Die Nennleistung für die einzelnen genormten Plattendurchmesser war ursprünglich wie folgt festgelegt. Die kleinste Herdkochplatte von 145 mm Dmr. hatte eine Nennleistung von 800 W, die von 180 mm 1200 W und die von 220 mm 1800 W. Die Entwicklung zwang zum Verlassen dieser Werte und, wie Tafel 3 erkennen läßt, ist man bei der dort untersuchten — amerikanischen — Stabkochplatte auf 2100 W gegangen. Die Nennleistung einer europäischen Kochplatte von 180 mm Dmr. beträgt sogar 2500 W. Allerdings kann man bei solchen Leistungen nicht mehr mit Stufen arbeiten wie bei den genormten Platten, sondern läßt durch einen Regelschalter die volle Leistung intermittierend selbsttätig schalten<sup>10</sup>. Bei höheren Nennleistungen wird die Fortkochstufe meistens zu stark, so daß sich bei dem Fortkochen ein unerwünscht rascher Wasserverlust ergibt. Die Regelschalter sind z. B. so gebaut, daß man die Temperatur der Plattenoberfläche regeln kann. Damit erreicht man einen dem Kochgut angepaßten Fortkochvorgang.

## 3. Ableitströme

Alle elektrischen Isolatoren weisen im Kondensatorfeld einen Stromdurchgang auf, der bei Wechselstrom aus einer Wirk- und einer Blindkomponente besteht. Kochplatten sind in diesem Sinne Kondensatoren, bei denen der Heizleiter den einen Belag und die äußere Umhüllung, also entweder der eigentliche Plattenkörper oder die rohrförmige Umhüllung, den anderen Belag darstellt, zwischen denen die Einbettmasse als Dielektrikum liegt. Beim Betrieb nimmt die üblicherweise keramische Einbettmasse höhere Temperaturen an, und man erhält eine mit der Temperatur steigende Wirkkomponente<sup>10</sup>. Die Größe des aus Wirk- und Blindkomponente bestehenden Ableitstromes ist wichtig, weil mit ihr eine mehr oder weniger starke Reizung für einen Menschen verbunden ist, wenn er sich zwischen die isoliert angenommene Umhüllung der Kochplatte und etwa in der Nähe befindliche leitende Teile einschaltet<sup>11</sup>. Brächte man die Umhüllung auf das Potential der Umgebung, so könnte kein Strom fließen. Wenn irgend möglich möchte man solche Maßnahmen vermeiden und lieber versuchen, durch hochwertige Einbettmassen und geeignete Konstruktionen den Ableitstrom klein zu halten. Da der Widerstand des menschlichen Körpers nicht nur in sich schwankt, sondern auch bei den einzelnen Menschen erhebliche Unterschiede aufweist, muß man mit einem Durchschnittswiderstand rechnen. Nach VDE 0720 hat man für das Stromstärkemeßgerät einschließlich Vorwiderstand 1500  $\Omega$  als obere Grenze festgesetzt. Nach W. B. Kouwenhoven<sup>12</sup> kann man für trockene Epidermis einen Widerstand von 100 k $\Omega$ /cm<sup>2</sup> ansetzen, während die inneren Körperschichten mit ihren sehr kleinen Widerständen als Leiter angesehen werden können. In einer grundlegenden Arbeit hat A. Velisek<sup>13</sup> die Verhältnisse bei elektrischen Heizkörpern mit anorganischen Einbettmassen untersucht und weist am Schluß auf den Weg hin, der wohl auch international anerkannt wurde, daß nämlich die Ableitströme bei normalen Betriebszuständen unter den Beträgen bleiben sollen, die noch keine Reizwirkungen auf den mensch-

<sup>9</sup> J. Dietlin, P. Seehaus: wie Fußnote 1.

<sup>10</sup> A. Böniger: wie Fußnote 1.

<sup>11</sup> K. Halbach: Arch. Elektrotechn. 21 (1929) S. 535.

<sup>12</sup> A. Velisek: ETZ 64 (1943) S. 478.

<sup>13</sup> W. B. Kouwenhoven: Electr. Engng. (1949) Märzheft.

<sup>14</sup> A. Velisek: Gas- u. Elektrowärme (1944) S. 155, 177.

lichen Organismus ausüben. Das Verantwortungsbewußtsein, das jeder Mensch bei der Benutzung technischer Einrichtungen sich angewöhnen muß und das nicht ausgeschaltet werden darf, sollte eine unsachgemäße Handhabung der Geräte, durch die höhere Ableitströme auftreten können, ausschließen. Immerhin wird man auch für solche Fälle die Reizwirkung dadurch begrenzen, daß man einen Höchstwert des Ableitstromes bei unsachgemäßer Benutzung vorschreibt. Nach den Ausführungen von Kouwenhoven sind Dauerschädigungen durch elektrische Schläge, sofern sie nicht an sich tödlich sind, nicht zu erwarten. Ein Fall unsachgemäßer Behandlung ist das Trockengehenlassen an Kochplatten über lange Zeit. Im allgemeinen steigt die Temperatur einer leergehenden Platte erst in einigen Minuten an, so daß merklich höhere Ableitströme auch erst nach Minuten erwartet werden können. Andererseits sinkt bei Belastung einer leergehenden Platte mit Kochgut, die ihre Grenztemperatur erreicht hat, der Wert des Ableitstromes erst nach einigen Minuten auf den Normalwert ab. Hat man also eine Platte versehentlich leer gehen lassen, so genügt

es, sie den kurzen Augenblick abzuschalten, wenn man das Kochgut aufsetzt und dann wieder einzuschalten. Die Zeit, die verstreicht, ehe man das Kochgut wieder berührt, ist so lang, daß der Ableitstrom auf jeden Fall auf denjenigen bei Normalbetrieb abgesunken ist. Will die Hausfrau das Kochgut wechseln, so kann dies ohne Abschalten vor sich gehen, wenn nicht mehrere Minuten dazwischen verstreichen. In anderen Fällen hilft kurzzeitiges Abschalten auch hier.

#### Zusammenfassung

Die Wirkungsgrade verschiedener Kochplatten bei Benutzung mit verschiedenen Kochgefäßen werden erörtert und ein neues Verfahren für die Bestimmung des Wirkungsgrades vorgeschlagen, das den praktischen Verhältnissen angepaßt ist. Desgleichen wird ein neuer Meßtopf an Stelle des bisher genormten vorgeschlagen. Schließlich wird die Weiterentwicklung der Platte hoher Leistungsaufnahme zur selbsttätig regelnden Platte angedeutet. Zur Frage der Ableitströme wird kurz Stellung genommen.

## Neue Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen, VDE 0255/2.51

Von G. A. Greff und F. Simons, Mannheim

DK 621.315.22

**Übersicht.** Gemäß der Veröffentlichung in der ETZ 72 (1951) H. 1, S. 31 traten am 1. Februar 1951 die „Vorschriften für Papierbleikabel in Starkstromanlagen“, VDE 0255/2.51 in Kraft. Die wesentlichen Änderungen gegenüber den bisherigen Vorschriften werden im folgenden kurz erörtert.

Seit dem Jahre 1935 wurden die bis dahin gültigen Vorschriften für Starkstromkabel, VDE 0255/1934 (Bleikabel) und VDE 0260/1936 für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in mehreren Stufen bis zu den zuletzt gültigen Vorschriften VDE 0255/IV.43 und VDE 0255 U/1.45 geändert. Diese durch die zunehmende Materialverknappung bedingten Änderungen wirkten sich in großen Zügen folgendermaßen aus: a) bevorzugte und später fast ausschließliche Verwendung von Aluminiumleitern; b) Herabsetzung der Bleimanteldicken; c) Verwendung vorwiegend von Papier an Stelle von Jute und Textilbändern; d) Herabsetzen der Stahlbanddicken.

Mit Rücksicht auf die elektrische Sicherheit wurden die Dicken der Isolierhüllen fast unverändert beibehalten. Durch Umstell- und Kriegsvorschriften wurden noch weitergehende Zugeständnisse unter Berücksichtigung der Wichtigkeit der Anlagen gemacht; so wurde z. B. die Dicke der Isolierhülle bei den 1 kV-Kabeln etwas herabgesetzt, weil dies bei der kleinen elektrischen Beanspruchung durchaus vertretbar erschien.

Die fast unverändert beibehaltenen Prüfbestimmungen wurden entsprechend dem inzwischen verbesserten Fabrikationsverfahren für die vorgeschriebenen Werte des dielektrischen Verlustfaktors  $\tan \delta$  schärfer gefaßt. Bei den Belastungstafeln wurde lediglich die zulässige Stromstärke für 1 kV-Vierleiterkabel auf die der Dreileiterkabel erhöht.

Zurückblickend darf gesagt werden, daß die getroffenen Maßnahmen gut durchdacht und normalerweise nicht besonders erschwerend waren. Dieser Erfolg war allerdings weitgehend dadurch beeinflusst, daß die Arbeitsverfahren bei der Herstellung der Kabel laufend verbessert wurden.

Bei der Neufassung der Vorschriften für Papierbleikabel wurden folgende Gesichtspunkte besonders berücksichtigt:

1. Der Kabelaufbau soll weitgehend den Friedenvorschriften VDE 0255/1934 entsprechen.

2. Es soll für Starkstrom-Papierbleikabel nur eine Vorschrift VDE 0255/2.51 an Stelle von 0255/1934 und 0260/1936 bestehen bleiben.

Abweichend davon sind jedoch besonders die nachfolgend aufgeführten Punkte geändert worden:

1. Den Gewohnheiten der Praxis folgend, wurden die Begriffe Gürtelkabel, H-Kabel (Höchststädter-Kabel) und Dreimantelkabel aufgenommen und erläutert.

2. Der Verwendungsbereich, für den die Kabel nach den neuen Vorschriften zugelassen sind, wurde ausführlich beschrieben.

3. Die Mindestzahl der Drähte eines Leiters wurde teilweise herabgesetzt, um nicht von vornherein Leiterkonstruktionen mit nur einem Draht oder mit geringer Drahtzahl auszuschließen. Selbstverständlich können die Litzenleiter auch mit höheren Drahtzahlen hergestellt werden.

4. Bei Vierleiterkabeln für 1 kV, die einen Mittel-<sup>1</sup> oder Schutzleiter enthalten, bisher Dreieinhalbleiterkabel genannt, wurden auch die Querschnitte der Mittel- oder Schutzleiter festgelegt.

5. Die Bleimanteldicken wurden mit nur unbedeutenden Änderungen gegenüber VDE 0255/1934 festgesetzt.

6. Bei dem Abschnitt über Schutzhüllen sind Angaben über den zusätzlichen Korrosionsschutz sowie über den wärmebeständigen und flamm sichereren Korrosionsschutz neu aufgenommen. Die Wanddicken der Schutzhüllen wurden so festgelegt, daß sie für die Starkstromkabel nach VDE 0255 und für Schwachstromkabel entsprechend dem Merkblatt VDE 0890 übereinstimmen.

7. Die Höhe der Prüfspannung für die Prüfung an Einzelängen wird für Wechselspannung nach der gleichen Formel für alle Spannungen berechnet. Außerdem ist wahlweise die Prüfung mit erhöhter Gleichspannung zugelassen.

8. Die Werte für den dielektrischen Verlustfaktor wurden wesentlich verschärft und sowohl in der absoluten Höhe als auch im Verlauf der Spannungsabhängigkeit festgelegt.

9. Die Prüfung mit Gleichspannung an Kabelanlagen wurde ebenfalls erheblich verschärft. Es muß jetzt mit dem sechsfachen Wert der Spannung zwischen Leiter und Bleimantel geprüft werden.

10. Neuere Erkenntnisse machten es notwendig, die Angaben über die Strombelastbarkeit zu überarbeiten. Dazu wurden Richtlinien festgesetzt, die zwar nicht in allen Fällen ein Rezept für die zulässige Stromstärke geben, aber den Betriebsmann doch erkennen lassen, worauf es ankommt und nach welchen Gesichtspunkten die Strombelastbarkeit ermittelt werden kann.

Die zulässige Temperaturerhöhung für 1 ... 6 kV-Kabel wurde von früher 35 °C auf 45 °C heraufgesetzt. Für 10 ... 20 kV-Kabel darf sie statt bisher 25 °C jetzt 35 °C betragen und nur bei Kabeln von 30 kV aufwärts, bei denen die elektrische Spannungsbeanspruchung eine ausschlaggebende Rolle spielt, auf 25 °C herabgesetzt werden.

<sup>1</sup> Der Mittel(punkt)leiter wird in Mehrphasennetzen auch Sternpunkt- oder Sternleiter genannt.

bende Rolle spielt, dürfen keine Temperaturerhöhungen von mehr als 25 °C zugelassen werden.

Angaben über die Belastungsmöglichkeit von Kabelanhäufungen im Erdboden oder in Kanälen sowie in wärmeren Räumen sollen dem Verbraucher die Möglichkeit ge-

ben, seine Kabel dem jeweiligen Verwendungszweck so anzupassen, daß ein wirtschaftlicher Betrieb gewährleistet wird.

Es ist zu wünschen, daß die neuen Vorschriften wieder klare Verhältnisse in dem teilweise vorhandenen Durcheinander der Kabelkonstruktionen herbeiführen.

## Ingenieur-Studium in den USA

Von Leo Kirste, Wien

DK 62 : 37 (73/79)

**Übersicht.** In der ETZ 71 (1950) S. 509 berichtete Prof. Dr. V. i. e. - w. g. T. H. Darmstadt, über dieses Thema. Wir ergänzen seinen Aufsatz durch den nachstehenden Auszug aus einem Vortrag, den Prof. Dr. K. i. r. s. t. e., T. H. Wien, dort über seine Reiseeindrücke gehalten hat. Die Schlußfolgerungen beider Verfasser stimmen überein.

Die Schriftleitung.

Ein Bundesministerium für Unterricht, dem das Erziehungswesen im ganzen Gebiet der Union untersteht, gibt es nicht, sondern jeder Bundesstaat regelt es selbst für seinen Bereich, so daß auch die obligate Schulpflicht nicht überall die gleiche Dauer hat. In Kalifornien beginnt der Unterricht im 5. Jahr mit dem Kindergarten, der dort auch „kindergarten“ heißt, aber nicht obligat ist. Die achtklassige „elementary school“ dauert vom 6. bis zum 14. Lebensjahr; darauf folgt die vierklassige „high school“ bis zum 18. Jahr. Als Vorbildung für eine technische Hochschule wird nur die „technical high school“ anerkannt, während die „vocational high school“ eine mehr handwerksmäßige Ausbildung bezweckt und allenfalls auf das „Junior College“ vorbereitet, das etwa unserer Staatsgewerbeschule entspricht. Bei der fast völligen Unabhängigkeit der Universitäten voneinander ist es erklärlich, daß auch die Lehrpläne sehr verschieden sind. Beim Übertritt von einer Hochschule in eine andere macht daher die Anrechnung der Studien und Prüfungen sehr große Schwierigkeiten.

Um nun Klarheit darüber zu verschaffen, was man unter hochschulmäßiger Ingenieurausbildung zu verstehen hat, wurde schon während des Krieges von führenden Persönlichkeiten des Unterrichtswesens, der Industrie und den Behörden eine Vereinigung ins Leben gerufen, welche die Aufgabe hat, die Lehrpläne, den Unterrichtsbetrieb sowie die Laboratorien und alle sonstigen, auch sozialen Einrichtungen laufend zu überprüfen, um festzustellen, ob sie dem Hochschulniveau gerecht werden. Obwohl dieser „Engineering Council for Professional Development“ auf rein freiwilliger Vereinbarung zustande gekommen ist, haben seine Feststellungen, die zu einer „Akkreditierung“ der Hochschulen für ganz bestimmte Fachrichtungen führen, sehr große Bedeutung. Gegenwärtig sind etwa 140 Hochschulen in die Liste aufgenommen; eine Streichung aus derselben würde die Verweigerung von Subventionen und die Nichtanerkennung der Absolventen als Hochschüler zur Folge haben.

Wohl der bedeutendste Unterschied des amerikanischen Hochschulwesens gegenüber dem unsrigen liegt in der scharfen Scheidung zwischen „undergraduate“- und „graduate“-Studium. Das erstere umfaßt gewöhnlich vier Jahrgänge, deren Angehörige als „freshmen“, „sophomore“, „junior“ und „senior“ bezeichnet werden. Der „bachelor's degree“, der damit erlangt wird, bedeutet eine abgeschlossene Ausbildung, die für die meisten Anforderungen der Praxis genügt. Die Mehrzahl der Hörer begnügt sich auch damit und nur ein geringer Teil studiert noch einige Jahre weiter, um den „master's degree“ zu erwerben; nur ein kleiner Prozentsatz arbeitet eine Dissertation aus, um den „doctor's degree“ zu erlangen. Für den Techniker kommen hauptsächlich zwei Doktorate in Frage: Der „doctor of philosophy“ und der „doctor of science“; manche Hochschulen verleihen zwar statt dessen den „doctor of engineering“, doch bedeutet dieser an anderen wieder nur einen Ehrentitel. Der „master's

degree“ ist nicht an allen Universitäten die notwendige Vorstufe für das Doktorat, doch sind zu seiner Erlangung zwei bis drei Jahre notwendig oder sogar vorgeschrieben.

Man ist in den Vereinigten Staaten der Ansicht, daß für den Betriebsingenieur die „vocational school“, also die Gewerbeschule, die passende Ausbildung sei; für den Detail-Konstrukteur das „Junior College“ oder „State College“, die unseren höheren Staatsgewerbeschulen entsprechen; für den Entwicklungsingenieur das Hochschulstudium mit dem „bachelor's degree“ und für den Forschungsingenieur das mit dem „master's degree“ oder dem Doktorat abgeschlossene Hochschulstudium.

Die Beschäftigungsmöglichkeiten für die Absolventen oder „alumni“ der technischen Hochschulen sind gegenwärtig noch ganz gut, wenn auch die Zeiten vorüber sind, wo — angeblich — auf jeden Absolventen des Massachusetts Institute of Technology 2 bis 3 Stellen warteten. Die Statistik besagt, daß etwa

- 40 % in technischen Verwaltungsbetrieben
- 37 % in Forschungs- und Entwicklungsbetrieben
- 10 % im Werksbetrieb
- 8 % als Ingenieur-Konsulenten

und 5 % im Lehrberuf

Beschäftigung finden.

Die Einteilung der amerikanischen Hochschulen in „departments“ entspricht nicht immer unserer Gliederung in Fakultäten. Flugzeugbau, der dort sehr wichtig ist, bildet meist eine eigene Abteilung; er kann aber auch dem Maschinenbau oder dem Bauingenieurwesen — wegen der statischen Grundlagen — angegliedert sein.

Elektrotechnik zerfällt in die Unterabteilungen:

- transmissions das heißt: Fernmeldetechnik
- communications Kraftübertragung
- power Starkstromtechnik
- illumination Beleuchtung
- industrial control worunter die immer wichtiger werdenden Servomechanismen für Fernbetätigung verstanden werden.

Nach dem Stand vom 1. November 1948 studierten von insgesamt 227 000 Hochschülern rund

60 000 Maschinenbau	7 000 Architektur
50 000 Elektrotechnik	4 000 Tiefbohrtechnik
32 000 Bauingenieurwesen	3 000 Metallurgie
21 000 Chemie	2 000 Bergbau
7 000 Flugwesen	1 000 Keramik,

während rund 40 000 in keine dieser Gruppen einzureihen waren. Von diesen 227 000 waren nur 13 300, also rund 6 % „graduate students“, die sich auf den „master's degree“ vorbereiteten, und 2 100, also 1 %, auf den „doctor's degree“.

Trotz staatlicher und privater Zuschüsse und sonstiger Einnahmen sind die Studiengebühren nach unseren Begriffen sehr hoch; sie schwanken bei den nichtstaatlichen Hochschulen zwischen 500 und 800 US \$ im Jahr; bei den staatlichen kostet das Studium allerdings nur etwa die Hälfte, wenn es nicht ganz unentgeltlich ist. Der Betrieb der Ingenieurabteilung der Purdue Universität in Lafayette, die mit rund 8000

Hörern die größte technische Hochschule der Vereinigten Staaten ist, kostet pro Jahr und pro Hörer 610 US \$. Der Lehrkörper setzt sich dort aus 60 ordentlichen und 50 außerordentlichen Professoren, 70 Dozenten und 325 Hilfskräften verschiedener Kategorien, die sich mit den unseren nicht direkt vergleichen lassen, zusammen.

Für die Gehälter des Lehrkörpers werden jährlich 1,7 Mio. US \$ aufgewendet; für Forschungszwecke rund 1 Mio. und für Neuanschaffungen und Instandhaltung 0,3 Mio. An dieser Hochschule haben in einem Jahr rund 2 000 Hörer, also ein Viertel, den „bachelor's degree“ erworben, aber nur 400, also 5 %, den „master's degree“ und 40 (1/4 %) den Doktorgrad.

Trotz der — im allgemeinen — hohen Studienkosten steht das Hochschulstudium auch den Minderbemittelten offen. Für die Neueintretenden bietet sich die Möglichkeit, durch Mithelfen in der Mensa oder bei administrativen Büroarbeiten die Mahlzeiten und etwa 1 US \$ pro Stunde zu verdienen; Vorgeschrittene können als Assistenten im Lehr- oder Forschungsbetrieb Beschäftigung finden. Eine maximal 12stündige Verwendung in der Woche — mehr darf es wegen Studienbehinderung nicht sein — wird im California Institute of Technology mit 900 US \$ im Jahr vergütet.

Ganz besonders werden die ehemaligen Kriegsteilnehmer berücksichtigt, die dort „Veteranen“ heißen. Je nach der Dauer ihrer Militärdienstzeit erhalten sie entweder nur das Studium umsonst oder auch noch einen Unterhaltsbeitrag. Sehr weit geht auch die Betreuung der Kriegsversehrten. Besonderen Eindruck haben auf mich in dieser Beziehung die Einrichtungen der Bibliothek der Universität von Kalifornien in Los Angeles gemacht. Dort sind eigene Räume für Kriegsinvaliden vorhanden, die von Pflegerinnen betreut werden, darunter auch für Blinde.

Bei der wirtschaftlichen Selbständigkeit der amerikanischen Universitäten ist die Ausführung von Forschungsarbeiten im Auftrag staatlicher oder privater Stellen für sie von großer Bedeutung. Der finanziellen Förderung steht dabei allerdings die Beeinflussung durch den Auftraggeber entgegen, die dem wissenschaftlichen Niveau der Hochschule schaden kann. Auf besonders innige Zusammenarbeit mit der Privatindustrie sind die schon erwähnte Purdue-Universität in Lafayette und die Northwestern University in Evanston bei Chicago eingestellt. Die letztere hat für das „undergraduate“ Studium das sogenannte „cooperative system“ eingeführt. Es besteht darin, daß die Studierenden einen Teil ihrer Studienzeite, und zwar trimesterweise, in industriellen Betrieben arbeiten, darüber einen ausführlichen Bericht verfassen und daraufhin, aber auch auf Grund der Beurteilung durch die Firma, eine Note erhalten. Demzufolge dauert das „undergraduate“ Studium an dieser Universität um ein Jahr länger, indem zwischen den „junior“ und den „senior“-Jahrgang noch ein „presenior“ eingeschaltet ist. Für die Studierenden bietet dieses System den Vorteil, daß sie den Firmen bekannt sind und Aussicht haben, sofort nach Beendigung ihrer Studien angestellt zu werden.

Wenn auch die Hochschulen selbst über sehr gut ausgestattete Laboratorien verfügen, so werden umfangreiche Versuche doch vornehmlich in besonderen Versuchsanstalten vorgenommen, von denen ich zwei erwähnen möchte: das Mellon-Institute in Pittsburgh und das National Bureau of Standards in Washington. Das erstere ist ein imposanter, achtstöckiger Bau, dessen Räume für industrielle Forschungen regelrecht „vermietet“ werden samt dem dazu notwendigen, geschulten Personal. Es handelt sich hauptsächlich um chemische Versuche auf dem Gebiet der Keramik — die in den Vereinigten Staaten eine große Rolle spielt — sowie der Silikone. Das Arbeitsgebiet des National Bureau of Standards umfaßt hingegen die gesamte Physik, wozu dort auch die Chemie gerechnet wird.

Nützlich scheint die Tätigkeit des National Research Council, der mit der Akademie der Wissenschaften in Zusammenhang steht. Seine Aufgabe ist es, Stellen, welche Forschungen brauchen, mit solchen, die sie ausführen können oder bereits damit beschäftigt sind, in Kontakt zu bringen und auf diese Weise unnütze Doppelarbeit zu vermeiden. Es schiene möglich, daß sich auch ausländische Forschungsstätten in diesen Kreis einschalten, um Aufträge zu erhalten.

Trotz des riesigen Wirtschaftsgebietes herrscht auch in Amerika die Ansicht vor, man dürfe die Ingenieure nicht zu sehr spezialisieren, sondern müsse ihnen ein möglichst umfassendes, grundlegendes Wissen vermitteln, was ja auch bei uns — im Gegensatz zu anderen Ländern — schon immer als wünschenswert angesehen wurde. Dieses umfassende Wissen erstreckt sich aber nicht nur auf die technischen Fächer, sondern auch auf das, was sie dort „humanities“ nennen, worunter Philosophie, Englische Sprache und Fremdsprachen verstanden werden. Zwei Fremdsprachen werden für den „master's degree“ verlangt, darunter Deutsch als Vorkennzeichen für höhere Mathematik. Im übrigen wählen die Techniker gewöhnlich Französisch, Russisch, Spanisch oder Portugiesisch.

Eine der wichtigsten Feststellungen ist wohl die, wie es mit dem wissenschaftlichen „Niveau“ der amerikanischen Ingenieure steht. Die Absolventen der „technical high school“ bringen in die Hochschule weniger theoretische Kenntnisse mit als unsere Maturanten. In den ersten vier Jahren, die zum „bachelor's degree“ führen, muß dies nachgeholt werden. Da dieses Studium eine abgeschlossene Ausbildung zum praktischen Ingenieur vermittelt, müssen die praktischen Fächer stärker, die theoretischen schwächer vertreten sein als bei uns. Der „bachelor of science“ steht also unserem Diplom-Ingenieur in wissenschaftlicher Hinsicht nach. Hingegen ist es beim „master“ eher umgekehrt: Die theoretischen Fächer werden in den höheren Jahrgängen vertieft, dafür aber keine Konstruktionsübungen in unserem Sinn abgehalten. Das Doktorat schließlich nähert sich dem Umfang der verlangten Arbeit nach schon unserer Habilitation und ist dementsprechend selten.

DK 621.315.252.017.7

## Wärmeübertragung belasteter Kabel in Röhren

Das Einziehen von Starkstromkabeln in Röhren oder Röhrenblöcke ist hauptsächlich in den USA üblich<sup>1</sup>. In Europa werden Starkstromkabel in erster Linie als Erdkabel mit Schutzhauben aus gebranntem Ton oder mit Betonplatten verlegt. Man ist seit langem bemüht, die Belastbarkeit von Kabeln bei verschiedenen Legungsverhältnissen rechnerisch zu bestimmen. Diese rechnerische Ermittlung findet eine gute Ergänzung durch Versuche, die unter verschiedenen Legungs- und Betriebsverhältnissen gemacht worden sind<sup>2</sup>. Die Rech-

nung setzt eine genaue Kenntnis der einzelnen spezifischen Wärmewiderstände voraus. Greebler und Barnett befassen sich mit der Ermittlung des spezifischen Wärmewiderstandes verschiedener Stoffe, aus denen die amerikanischen Röhren hergestellt werden, u. a. Fiber und Asbestzement. Daneben wurden Untersuchungen angestellt über die Anordnung der Röhren in ihrer Einbettung, Luft und Beton. Neben diesen Konstanten ist die Kenntnis der Wärmeübertragung von der Bleimanteloberfläche des belasteten Kabels bis zur Oberfläche des Röhrenblockes ebenfalls erforderlich. Auch das wurde untersucht. Aus den einzelnen Wärmewiderständen und der erzeugten Wärme läßt sich dann die Temperaturerhöhung und daraus die Belastbarkeit unter bestimmten Verhältnissen errechnen.

<sup>1</sup> Nach P. Greebler u. G. F. Barnett: Electr. Engng. 69 (1950) S. 497; 1 S., 1 B.

<sup>2</sup> Vgl. Strobach: ETZ 71 (1950) S. 55; Seibert u. Kühn: ETZ 72 (1951) H. 3, S. 72.

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.15 (42)

**Entwicklung der englischen Kraftwerke 1949/50.** [Nach Eng. Electr. 189 (1950) Nr. 4903, S. 46; 3 S.]

Ein zusammenfassender Überblick über die Entwicklung des englischen Kraftwerkbaues zeigt, daß dort Betriebsdruck und Betriebstemperatur nicht so hoch gesteigert werden wie in Deutschland. Kessel- und Turbinengrößen bleiben in mittleren Grenzen.

Die drei Teile A, B und C in Littlebrook in Kent werden im Endausbau 960 MW haben. Davon läuft jetzt Teil A mit 2·30 und 1·60 MW mit 42 kg/cm<sup>2</sup> Dampfdruck und 425 °C Dampf Temperatur. Die Kesselleistung beträgt 6·115 t/h. Teil B hat 2·60 MW und 4 Kessel von 120 t/h bei 87 kg/cm<sup>2</sup> und 440 °C; es wird mit Zwischenüberhitzung betrieben und seine Generatoren haben Wasserstoffkühlung. Teil C befindet sich noch im Bau, hat 4·60 MW Leistung bei 63 kg/cm<sup>2</sup> und 480 °C ohne Zwischenüberhitzung. Im Endausbau werden 8 Kessel von 163 t/h vorhanden sein. Das Werk Cliff Quay bei Ipswich am Orwell hat 6·45 MW bei 42 kg/cm<sup>2</sup> Betriebsdruck und 440° Dampf Temperatur mit 9 Kesseln von 165 t/h Leistung.

Das Dampfkraftwerk Walsall wurde in 3 Jahren erbaut und hat im ersten Ausbau zwei Turbosätze von je 30 MW; vier weitere werden noch eingebaut. Für den Endausbau sind 12 Kessel mit Stokerfeuerung geplant; der Betriebsdruck ist 42 kg/cm<sup>2</sup>, die Dampf Temperatur 455 °C. Das Kraftwerk Hams Hall hatte seit 12 Jahren einen ersten Teil mit 245 MW in Betrieb und wurde durch weitere 320 MW vergrößert. Bis Ende 1949 wurden sechs Turbosätze mit je 53 MW und 12 Kessel mit 145 t/h eingebaut. Der Betriebsdruck ist 43,5 kg/cm<sup>2</sup>, die Dampf Temperatur 440°.

Das Dampfkraftwerk Kearsley hatte zwei Turbosätze von 32 MW und zwei weitere von 51 MW, die durch sechs Kessel gespeist wurden. Es wurde durch acht Kessel von 30 t/h und zwei Turbosätze von 52 MW erweitert. Dabei ist an eine Dampfturbine ein Hauptgenerator von 50 MW und an Hilfsgenerator von 2 MW gekuppelt. Betriebsdruck ist 43,5 kg/cm<sup>2</sup>, Dampf Temperatur 440 °C. Die Hauptgeneratoren erzeugen 33 kV.

Auch das Werk North-Wilford in Nottingham wurde erweitert. Zu der alten Niederdruckanlage von 3·12 MW und 1·20 MW mit 8 Kesseln für 20 t/h kam eine Mitteldruckanlage für 42 kg/cm<sup>2</sup> und 455 °C. Der neue Ausbau umfaßt drei Turbosätze von je 30 MW und zwei Turbosätze von je 13 MW. Der Dampfteil bekam vier Kessel mit 80 t/h, vier Kessel mit 68 t/h und vier Kessel mit 145 t/h. ts

DK 621.311.21 (485)

**Schwedische Wasserkraft — ein Rückblick und Ausblick.** [Nach E. A. E. Blomqvist: Tekn. T. 80 (1950) S. 595; 10 S., 31 B.]

Das erste Wasserkraftwerk Schwedens entstand im Jahre 1862 als rein privates Werk. Bis 1906 wurden Wasserkraftwerke ohne staatliche Mitwirkung ausgebaut. Das Kraftwerk in Trollhättan, welches mit einer installierten Leistung von etwa 250 000 kW immer noch das größte Schwedens ist, wurde als erstes im Jahre 1909 vom Staat übernommen. Seitdem tritt auch der Staat (Vattenfallsverk) Hand in Hand mit privaten und gemeinnützigen Unternehmen als Bauherr auf.

Der Aufsatz bringt eine Übersicht und reichhaltiges Bildmaterial über die bemerkenswerten Wasserkraftwerke Schwedens und geht auf die verschiedenen Bauweisen bei der Errichtung von Kraftwerksdämmen ein. Der Verbrauch an Zement für die jetzt laufenden Wasserkraftausbauten wird auf etwa 40 000 t je Jahr berechnet. Der Verfasser berührt auch die psychischen und physischen Beanspruchungen der Arbeiter und Ingenieure bei einem Kraftwerksbau und kommt zu dem Ergebnis, daß gegenüber früher die psychischen größer und die physischen kleiner geworden sind.

Einschließlich der im Bau befindlichen Anlagen wurden in Schweden bisher Kraftwerkstunnel von nicht weniger als 40 km Länge mit einem Gesamtvolumen von 6 Mio. m<sup>3</sup> gesprengt. Der Tunnel des Hjälta-Kraftwerkes dürfte mit einer Länge von 6133 m, einen Querschnitt von 135 m<sup>2</sup> und einem ausgesprengten Volumen von demnach 830 000 m<sup>3</sup> netto der

größte Kraftwerkstunnel der Welt sein. Der Einsatz neuzeitlicher Transportmittel und Maschinen bei derartigen Kraftwerksbauten wird gewürdigt.

In einem Ausblick auf die Zukunft glaubt der Verfasser annehmen zu können, daß die Erneuerung, Modernisierung und der Unterhalt der Anlagen über einen Zeitraum von 30...40 Jahren betrachtet die gleiche Arbeit erfordern wie ein Neubau. Wenn in dem derzeitigen Tempo weitergearbeitet würde, wäre der ausbaufähige Teil der Wasserkraft Schwedens in 30 oder 40 Jahren erfaßt. Der Verfasser ist der Ansicht, daß die verfügbaren Arbeitskräfte eine Steigerung der jetzigen Ausbaugeschwindigkeit nicht zulassen. Wenn der Bedarf rascher ansteigt, muß man ihn entweder auf andere Weise zu befriedigen oder durch eine Erhöhung des Strompreises zu drosseln versuchen. Vom Einsatz der Atomkraft hält der Verfasser nicht viel, zumal er nicht daran glaubt, daß diese billiger sein wird als Wärmekraft aus üblichen Werken. Do

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.1 : 621.364.13

**Trocknung elektrischer Maschinen.** [Nach Elektrotechn. obzor 1950, S. 61.]

Gemäß der Zeitschrift Elektr. Stancii 1949, Nr. 10, werden in Rußland große Maschinen am Aufstellungsort in der Weise getrocknet, daß man gemäß Bild 1 durch Anlegen einer Wechselspannung, z. B. von der Netzfrequenz, einen Jochkraftfluß in der Maschine erzeugt, dessen Eisenverluste ausreichen, die Wicklung auf die gerade noch zulässige Temperatur zu bringen, und damit die Maschine auszutrocknen.

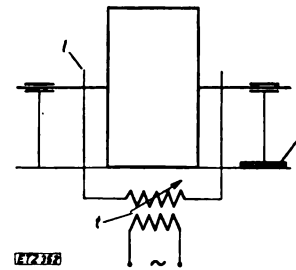


Bild 1. Anordnung der Trocknung.  
1 Wellenlaschen; 2 Lagerbockisolation; 3 Regeltransformator.

Die ersten Versuche wurden an einem Gleichstrom-Walzenzugmotor von 7000 PS bei 700 V, 40...100 U/min erfolgreich durchgeführt. Die Erregerleistung betrug 50 V · 397 A. Die Erwärmung des Ankers war oben und unten etwas unterschiedlich, doch sind die Differenzen völlig belanglos. Die Welle der Maschine muß bei direkter Speisung isoliert sein, um störende Nebenschlüsse zu vermeiden. Die Isolierung geschieht in einfachster Weise im Lager selbst oder am Lagerbock. Bei größeren Maschinen

kann man den Strom mit einem Kabel zuführen, das längs der Welle durchgezogen wird. Die sonst notwendigen Wellenlaschen können dann weggelassen werden.

Die Trocknungszeit betrug bei der Versuchsmaschine 10 Tage. Diese Zeit kann aber noch wesentlich abgekürzt werden, wenn man höhere Erwärmung des Eisens wählt und die Maschine mit einem passenden Tuch bedeckt. Die Methode hat sich recht gut bewährt, so daß man sich entschlossen hat, einen Spezialtransformator für 24...48 V, 1000 A anzufertigen. —

Die neue Trocknungsmethode ist ohne Zweifel sehr einfach und namentlich bei großen Gleichstrommaschinen zweckmäßig. Sie hat überdies den Vorteil, daß man während der Trocknungsperiode den Blechkörper kontrollieren kann, da sich jeder Isolationsdefekt durch lokale Erwärmung bemerkbar macht. Die Ständer von Turbogeneratoren werden schon seit Jahren vielfach mit Hilfe eines Jochkraftflusses in der beschriebenen Weise kontrolliert. J. Ko.

DK 621.313.1.047.2 : 621.315.616

**Herstellung von Preßstoffkommutatoren.** [Nach Electr. Tms. 117 (1950) S. 861.]

Die Fa. Hoover in High Wycombe, USA, baut seit 1946 kleine Preßstoffkommutatoren bis zu einem Durchmesser von etwa 35 mm nach einem neuen Herstellungsverfahren, wodurch die Kosten gegenüber den Glimmerkommutatoren auf

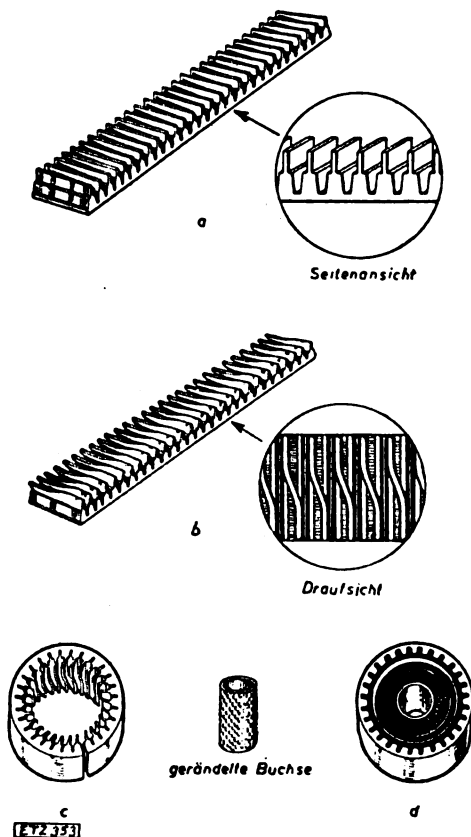


Bild 2. Fabrikationsstufen für größere Kommutatoren mit abgestuften Zähnen. a) Seitenansicht, b) Draufsicht, c) Stab um Dorn gebogen, d) mit gekordelter Buchse formgepreßt.

½ gesenkt werden konnten. In Flachkupferstäbe mit der Breite gleich der Kommutatorschleiflänge und der Länge gleich dem Kommutatorumfang werden mit elektrohydraulischen Pressen entsprechend der Lamellenzahl Zähne mit einer Abstufung nach Bild 2a gestoßen. Bei sehr kleinen Kommutatoren mit wenig Lamellen entfällt die Abstufung. Um die Lamellen später in der Preßmasse besser zu verankern, werden die Zähne maschinell in einem Arbeitsgang vorn nach rechts und hinten nach links gebogen (Bild 2b). Nach der Reinigung mit einer Drahtbürste wird der gezahnte Kupferstab um einen Dorn gebogen (Bild 2c) und mit besonderen Werkzeugen auf genaue Durchmesser ausgerichtet. Der entstandene Zylinder wird zur nochmaligen Reinigung in Säure getaucht und dann zusammen mit einer außen gekordelten Zentrierbuchse (Bild 2c) mit Bakelitpulver formgepreßt. Bei Pressen mit Drücken von 25 ... 150 t kann man gleichzeitig 6 ... 16 Kommutatoren pressen. Nach dem Formpressen werden die Kommutatoren 24 ... 36 h im Ofen gealtert. Kommutatoren mit abgestuften Zähnen werden so weit überdreht, bis die Zähne, d. h. die Lamellen getrennt sind; bei Kommutatoren mit einfachen Zähnen werden die Lamellen mit gezähnten Stoßwerkzeugen getrennt. Die kleinsten Kommutatoren entstehen nicht aus Kupferstäben, sondern aus Kupferscheiben, die zu einem Topf mit Innenzähnen gedrückt werden, dessen Boden man vor dem Bakelitformpressen entfernt.

Solche Kommutatoren werden mit 35 000 U/min geprüft. Bei Schleuderproben mit 50 000 U/min betrug die Lamellenbewegung nach außen maximal 0,005 mm.

## Transformatoren und Stromrichter

DK 621.314.21.015.33

Ein Jahr Stoßversuche an Verteilungstransformatoren. [Nach M. M. Langlois-Berthelot, D. Renaudin, J. Neuve Eglise u. S. Kohn: Bull. Soc. franç. Electr. 10 (1950) S. 141; 24 S., 23 B.]

Nach einem Hinweis auf die Notwendigkeit, die Überspannungssicherheit moderner Transformatoren durch entsprechende Typenprüfungen mit Stoßspannung nachzuwei-

sen, beschreiben die Verfasser zunächst die Einrichtungen für derartige Stoßprüfungen. Während die eigentliche Stoßprüfung zur Ermittlung der Stoßsicherheit eines Transformators mit dem bekannten Marxschen Stoßgenerator durchgeführt wird, wobei die elektrischen Daten des Stoßkreises und des Spannungsteilers in bekannter Weise auf den Prüfling abzustimmen sind, kann die Spannungsverteilung innerhalb der Wicklung mit Anlagen wesentlich niedrigerer Spannung ausgemessen werden, die eine unmittelbare Messung der Teilspannungen mit Kathodenstrahloszillographen erlauben. Die Verfasser benutzen hierzu eine Schaltung, bei welcher ein Kondensator über ein gittergesteuertes Thyatronrohr in regelmäßigen Abständen etwa 50mal in der Sekunde auf den Prüfling entladen wird, so daß auf dem Leuchtschirm des zur Aufnahme benutzten Elektronenrohres ein stehendes Bild des Stoßspannungsverlaufs an der Meßstelle entsteht. Zur Erzeugung abgeschnittener Stoßwellen dient ein zweites Thyatronrohr, das parallel zum Prüfling geschaltet ist. An Hand von Vergleichsoszillogrammen, die mit 50 kV Stoßspannung aufgenommen wurden, weisen die Verfasser nach, daß niedrige Spannungen zur Ausmessung des Spannungsverlaufs innerhalb von Transformatorenwicklungen zulässig sind, da alle Ordinaten sich nur proportional mit der aufgegebenen Stoßspannung ändern. Um Fälschungen des Meßergebnisses durch Eigenschwingungen kurzer Zuleitungen zum KO. zu vermeiden, schließen sie die Ablenkplatten über ein Meßkabel an ein Verstärkerrohr an, dessen Gitter erst wieder über einen Kapazitätsteiler mit der Wicklung verbunden ist. Bei geeigneter Schirmung des Meßkreises erscheint dem Berichter diese Vorsichtsmaßnahme entbehrlich.

Die eigentlichen Stoßprüfungen bis zum Durchschlag wurden an Verteilungstransformatoren für 10 ... 30 kV Nennspannung und Leistungen bis 125 kVA durchgeführt. Da es bei derartigen Prüfungen meist vor dem Durchschlag zu Vorentladungen kommt, untersuchen die Verfasser zunächst die Entladungsformen bei Wechselspannung, indem sie mit einem empfindlichen Elektronenrohr den durch das Dielektrikum fließenden Strom in Abhängigkeit von der Spannung sowohl an fertigen Transformatoren wie auch an Musterstücken aufnehmen, welche verschiedenen Aufbereitungsprozessen unterworfen sind.

Bei schlecht aufbereiteten oder längere Zeit in Betrieb befindlichen Transformatoren macht sich dabei der frühere Einsatz der Vorentladungen durch hochfrequente Störungen im Oszillogramm bemerkbar. Wenn auch der Einfluß solcher Vorentladungen auf die Alterung des Oles und des festen Isolierstoffes noch nicht restlos geklärt ist, so sollte doch ihre Einsatzspannung nach Meinung der Verfasser ausreichend hoch über der höchsten Betriebsspannung liegen, um auf jeden Fall Störungen zu vermeiden.

Auch bei der Stoßprüfung von Transformatoren kann man ähnliche Vorentladungen bei geeigneter Meßschaltung als hochfrequente Störungen im Kathodenstrahloszillogramm nachweisen. Die Verfasser messen zu diesem Zweck nach dem Vorbild von Hagen u. H. außer der Stoßspannung am Eingang der Transformatorwicklung gleichzeitig noch den Stromverlauf am geerdeten Sternpunkt oder bei freiem Sternpunkt an den beiden nicht gestoßenen geerdeten Wicklungsenden und außerdem auch noch den übertragenen Stoßstrom in der kurzgeschlossenen Unterspannungswicklung des gestoßenen Schenkels. Handelt es sich lediglich um Vorentladungen z. B. in Form von Gleitbüscheln, die keinen vollständigen Durchschlag zwischen benachbarten Wicklungsteilen oder von der Wicklung nach Erde zur Folge haben, so zeigen sich besonders in den Oszillogrammen des übertragenen Stroms hochfrequente Störungen, ohne daß der grundsätzliche Stromverlauf sich ändert. Erst wenn es zu einem vollständigen Durchschlag kommt, ändert sich auch vom Zeitpunkt der hochfrequenten Störung an der Verlauf des Stromoszillogramms sehr deutlich, während im Oszillogramm der Eingangsspannung bekanntlich derartige Teildurchschläge durchaus nicht immer nachweisbar sind.

H. Langlois-Berthelot schlägt nun auf Grund dieser Versuchsergebnisse vor, in die französischen Vorschriften für die Stoßprüfung von Transformatoren die Festlegung aufzunehmen, daß nur bei gleichzeitigem Vorhandensein einer hochfrequenten Störung und einer Änderung im Verlauf des Stromoszillogramms, die auf einen vollständigen Durchschlag hinweist, die Stoßprüfung als nicht bestanden gelten soll, während hochfrequente Störungen im Oszillogramm für sich allein noch als zulässig angesehen



werden sollen. Diese Empfehlung steht im Zusammenhang mit der von dem Verfasser im gleichen Aufsatz vertretenen Auffassung, daß eine Punktierung der Windungsisolierung keine Gefahr für die Sicherheit des Transformators bedeutet. Diese Ansicht wird vom Bericht nicht geteilt.

Als zweckmäßigste Art der Stoßprüfung eines sterngeschalteten Transformators wird der einpolige Stoß bei Erdung der beiden nicht gestoßenen Klemmen und kurzgeschlossener Unterspannungswicklung empfohlen, da diese Form der Beanspruchung auch in der Praxis am häufigsten vorkommt. Daß eine in Dreieck geschaltete Unterspannungswicklung dabei wie eine kurzgeschlossene Wicklung wirkt, trifft jedoch für den quasistationären Spannungsabfall an der Wicklung nicht zu.

Eine Prüfung mit abgeschnittenen Stoßwellen ist nach Ansicht der Verfasser überflüssig, da sie im ungünstigsten Falle nur eine Erhöhung der Beanspruchung an den Eingangsspulen um etwa 25% zur Folge hat. Dies konnte mit der eingangs erwähnten Niederspannungs-Röhrenschaltung durch stetige Veränderung der Verzögerungszeit der abgeschnittenen Wellen sehr schnell festgestellt werden. Immerhin dürfte auch die von den Verfassern gefundene Erhöhung der Beanspruchung nach Ansicht des Berichters eine Stoßprüfung mit abgeschnittenen Wellen noch durchaus rechtfertigen. Lediglich die Feststellung eines Fehlers wird dabei etwas schwieriger.

Zum Schluß schlagen die Verfasser noch zur Absenkung der Sternpunktsspannung bei dreipoligen Stößen den Einbau von ohmschen Widerständen in den Sternpunkt vor, eine Maßnahme, die an sich längst bekannt ist und durch den Einbau von Sternpunktssableitern überholt erscheint.

Els

## Leitungen u. Isolatoren

DK 621.315.221.014.6 : 6210.193

**Bleikabel-Korrosion.** [Nach E. Foretay: Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 433; 9 S., 15 B.]

Die Arbeit gibt eine zusammenfassende Darstellung der Probleme und definiert den Begriff „Korrosion“. Korrosionsarten: Chemische und elektrolytische Korrosion sowie die fälschlich als „interkristalline Korrosion“ bezeichneten Ermüdungsbrüche. Wichtige Merkmale: Korrosion ist nur in Gegenwart von Feuchtigkeit möglich. In sehr trockenem Boden tritt keine Korrosion auf, ebenfalls nicht bei dauernd im Wasser liegenden Bleikabeln.

Ursachen der chemischen Korrosion: Schädliche Bestandteile des Bodens (Kalk, Zement, Humus, Kohlensäure, Dünger). Phenole in den teerimprägnierten Kabelbedeckungsschichten wirken als Katalysatoren und sind sehr schädlich.

Ursachen des interkristallinen Zerfalls: Vibrationen, z. B. stromerregte Gleichstrombahnen. Austrittsströme bis 175 mA/dm<sup>2</sup> Manteloberfläche sind ungefährlich. Dieser Wert ist praktisch ohne Belang, da der Strom meist nicht gleichmäßig verteilt, sondern konzentriert auftritt.

Ursachen des interkristallinen Zerfalls: Vibrationen; z. B. bei Luftkabeln, Brückenkabeln und Kabeln neben Bahnanlagen.

Ermittlung der Korrosionsursache: Untersuchung des Bleimantels mit dem Mikroskop, chemische Analyse des Korrosionsprodukts, des Grundwassers und Bodens,  $p_H$ -Wertbestimmung. Strommessungen zur Feststellung, ob Lokalelementbildung oder vagabundierende Ströme vorhanden.

Korrosionsschutz: Verlegung in trockenem Boden, Bedeckung des Bleimantels mit Papier-Bitumenschichten, zusätzlich evtl. Gummibänder; Verbesserung der Schienenverbindungen und Rückleitungskabel bei Gleichstrombahnen, evtl. periodische Umkehrung der Schienenpolarität, gutes Isolieren der Kabel im Erdboden (Verlegen in bitumengefüllten Kanälen), Bedeckung aus thermoplastischen Werkstoffen oder graphithaltigem Gummi (halbleitend), Isoliermuffen bei Fernmeldekabeln, metallische Verbindung zwischen Schienen und Kabelmantel — Elektrodrainage. Als Schutz gegen interkristallinen Zerfall: elektrische Schwingungsdämpfer, legierte Bleimäntel; andere Mantelwerkstoffe: Kunst-Aluminium (leichter und mechanisch widerstandsfähiger als Blei; wird aber anodisch und kathodisch angegriffen); daher besondere Schutzmaßnahmen notwendig), nichtmetallische Mäntel aus Igelit, Plexigum, Polyäthylen; Kombination zweier Mäntel aus verschiedenen Werkstoffen. Ein umfangreiches Schrifttumverzeichnis beschließt die Arbeit. DI

DK 621.315.626

**220 kV-Kondensatordurchführung mit Öl-Papier-Dielektrikum.** [Nach B. Dilgen: Felten & Guillaume Rdsch. 1950, S. 30; 4 S., 4 B.]

Die von Nagel vor 50 Jahren angegebene Kondensatordurchführung, ein spezifisches Mittel zur Unterdrückung von Gleitbüscheln, wurde bisher in der Ausführung mit Hartpapier weitgehend angewendet. Schwächen des Hartpapiers sind — neben einer Ionisierung eingeschlossener Gasreste — eine verhältnismäßig hohe Verlustziffer (unterer  $\tan \delta$  bei gewickeltem Hartpapier und Normaltemperatur nach Imhoff gleich 0,06) somit eine entsprechend große Wärmebildung und dem entgegenstehend eine ungenügende Wärmeleitfähigkeit von Hartpapier. — Eine wesentliche Verbesserung wird nach B. Dilgen für Höchstspannung mit Wickelkörpern aus ölgetränktem Weichpapier erzielt. Neben geringerer Ionisierungsgefahr bei zuverlässiger Öldurchtränkung und geeignetem Arbeitsverfahren geht der Verlustfaktor  $\tan \delta$  auf 0,002 ... 0,005 bei Normaltemperatur zurück, so daß sich z. B. im Dauerbetrieb bei 85 °C eine dielektrische Verlustleistung für die angegebene 220 kV-Durchführung von nur 5,8 W ergibt und dazu die Wärmeabfuhr derjenigen der Hartpapierdurchführung überlegen ist. Die hierbei erforderlichen Papierbreiten zwingen zu einem neuen technischen Wickelverfahren. In der Abhandlung wird der Aufbau einer Weichpapier-Trafoklemme für 220 kV näher beschrieben.

Zw

## Elektrische Antriebe

DK 621.34 : 621.974.2

**Bestimmung der Motornennleistung für den Antrieb von Riemenfallhämmern.** [Nach H. Haller u. H. Geisel: Werkst.-Techn. u. Masch.-Bau 40 (1950) S. 71; 7 S., 7 B.]

Der Schmiedefachmann, dem die Wirkungsweise und zweckentsprechende Anwendung der Riemenfallhämmer bekannt ist, ist sich oft nicht klar über die Antriebsleistung dieser Hämmer. Sie wird meistens nach dem Gefühl oder nach Faustformeln festgelegt und aus Sicherheitsgründen sehr oft zu groß gewählt. Die Verfasser haben sich daher die Aufgabe gestellt, die Antriebsleistung solcher Hämmer für verschiedene Arbeitsverfahren und Antriebsarten zu berechnen.

Während eines Arbeitsspiels hat der Antriebsmotor, meist ein Drehstrommotor, den Bär zunächst aus der Ruhelage nach oben zu beschleunigen, bis die Geschwindigkeit des Bärs die Umfangsgeschwindigkeit der Riemenscheibe erreicht hat. Dann hat der Motor den Bär mit gleichbleibender Geschwindigkeit weiterzuheben, bis der Hammerführer die Druckrolle abhebt. Von hier an steigt der Bär infolge seiner kinetischen Energie noch etwas weiter und fällt dann frei nach unten. Während dieses Arbeitsspiels hat der Motor im Beschleunigungsabschnitt die größte Leistung aufzubringen. Im Gleichlaufabschnitt wird diese vom Motor verlangte Leistung erheblich kleiner, um im Nachlauf und Fallabschnitt Null zu werden.

Um die Antriebsleistung eines Motors zu bestimmen, muß man nicht nur das vom Motor aufzubringende Moment kennen, sondern es spielt auch die zeitliche Aufeinanderfolge der Arbeitsspiele eine Rolle. Beim Schmieden eines Stückes reißen sich, je nach der Schlagzahl für ein Stück, mehrere Arbeitsspiele aneinander. Man nennt die Gesamtzeit der aufeinanderfolgenden Arbeitsspiele die Schlagzeit. Ist ein Stück fertig, dann vergeht bis zum ersten Schlag des nächsten Stückes eine bestimmte Zeit, in welcher der Schmied das fertige Stück ablegt und ein neues Stück ins Gesenk einlegt. Die zeitliche Folge der einzelnen Schmiedestücke bezeichnet man nach Refa als Stückfolgezeit. Das Verhältnis von Schlagzeit zur Stückfolgezeit gibt an, wie der Hammer ausgenutzt wird, und ist maßgeblich für die Bemessung des Motors. Dieses Verhältnis, das als „Füllungsgrad“ bezeichnet wird, ist von den Verfassern für die verschiedensten Bärgehalte, Fallhöhen usw. bestimmt worden.

Für die Größe des Motors ist seine Erwärmung maßgebend. Um den Motor erwärmungsmäßig nicht zu überlasten, darf das Effektivmoment — das mittlere quadratische Moment — nicht größer werden als das Nennmoment des Motors. Bei der Bemessung des Motors gilt dies als erste Regel. Andererseits darf aber auch das größte auftretende Drehmoment im Beschleunigungsabschnitt nicht größer werden als das Kippmoment des Motors. Sollte diese letztere

Bedingung bei einem sonst genügend großen Motor nicht erfüllt werden, so kann auf den Trieb eine Schwungmasse gesetzt werden. In diesem Fall ist es zweckmäßig, in den Läuferkreis des Motors einen Widerstand einzuschalten, um den Motor in seiner Drehzahl nachgiebiger zu machen.

Für den Einzelantrieb eines Riemenfallhammers werden zweckmäßig Motoren für Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung verwendet. Bei der Bestellung ist dann die während der Belastungszeit erforderliche Leistung und die relative Einschaltdauer anzugeben. In einem Beispiel zeigen die Verfasser, wie mit ihren in einer Tabelle zusammengefaßten Werten, wie Füllungsgrad, Bärge wicht, Fallhöhe usw., die Daten des Motors bestimmt werden können.

Günstiger als beim Einzelantrieb liegen die Verhältnisse beim Gruppenantrieb von mehreren Häm mern. Die erforderliche Antriebsleistung des Motors geht beim Gruppenantrieb zurück. Die Verfasser stellen auf Grund einer Rechnung fest, daß beim Gruppenantrieb die Antriebsleistung des Motors vom Belastungsgrad abhängig ist, der als Verhältnis der Stückfolgezeit und der Zeit definiert wird, während der ein Motor beim Schmieden eines Stückes belastet ist. In Tabellen und Kurven werden die Ergebnisse dieser Rechnung angegeben. Schließlich wird noch zum Verständnis der Ausführungen ein Rechenbeispiel für einen Gruppenantrieb von 4 Häm mern durchgeführt.

PB

### Verkehrstechnik

DK 625.1 : 621.331.001.2 (485)

**Entwicklung und Zukunftsaussichten der Eisenbahnen.** [Nach N. Gudmundsson: Tekn. T. 80 (1950) S. 627; 4 1/2 S., 5 B.]

Schweden besaß im Jahre 1900 bereits ein Eisenbahnnetz von 11303 km Länge, welches bis heute auf 16650 km angewachsen ist. Mit einem Wert von 2,4 km/1000 Einwohner liegt Schweden vor Dänemark, Frankreich, Deutschland (0,8 km/1000 Einw.) und England. Die Bahnen wurden in großem Umfang elektrifiziert, was ein ausgezeichnetes Mittel zur Intensivierung des Bahnbetriebes darstellt. Mitunter werden im Gütertransport größere Umwege in Kauf genommen, nur um elektrifizierte Strecken auszunutzen, wobei trotz des Umweges die Laufzeiten und die Transportkosten nicht größer werden als bei Benutzung der nichtelektrifizierten, kürzeren Strecke. Um die Jahrhundertwende betrug die je Einwohner und Jahr auf der Eisenbahn zurückgelegte Strecke nur 150 km und im Jahre 1948 bereits 960 km, während sich der Güterverkehr in Tonnenkilometern seit der Jahrhundertwende versechsfacht hat. Rund 80% des gesamten Bahnbetriebes verlaufen auf elektrifizierten Strecken; die Einfuhr ausländischer Brennstoffe konnte deshalb weitgehend eingeschränkt werden.

Der Verfasser geht auf die verschiedenen Möglichkeiten zur zukünftigen Verbesserung der schwedischen Vollbahnen ein, nämlich Verbesserung der Schienenwege, des rollenden Materials, weiterer Ausbau auf doppelte Gleise, weitere Verstaatlichung und damit Rationalisierung des Betriebes, Elektrifizierung neuer Strecken mit nicht zu unbedeutendem Verkehr, Umbau von verkehrstarken Schmalspurbahnen auf normale Spurweite und schließlich Bau neuer Eisenbahnstrecken. Als Beispiel für die erzielte Geschwindigkeitssteigerung wird erwähnt, daß auf den Strecken Stockholm—Göteborg und Stockholm—Malmö bei Lokomotiven mit 17,5 t größtem Achsdruck mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h gefahren wird und bei den neuesten Expreszügen vom Typ „Göteborg“ bei einem größtem Achsdruck von 13,5 t sogar mit 135 km/h.

Do

### Fernmeldetechnik

DK 621.394.645.1

**Ein Kristallverstärker mit hohem Eingangswiderstand (Fieldistor).** [Nach O. M. Stützer: Proc. Instn. Radio Engrs. 38 (1950) S. 868; 4 S., 8 B.]

Bei einem neuen Halbleiterverstärker (Bild 3) sind im Gegensatz zum bisher bekannten Transistor zwei Steuerspitzen von dem als Halbleiter benutzten Germaniumblock um etwa  $10^{-4}$  cm entfernt. Die Stromleitung im Germanium wird durch induzierte Oberflächenladungen als Folge des starken elektrischen Steuerfeldes beeinflusst, das sich senk-

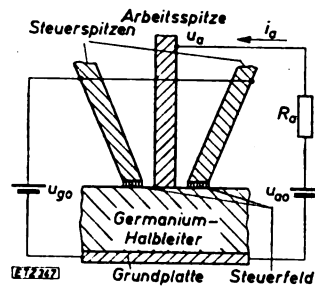


Bild 3. Schematische Darstellung des Fieldistors.

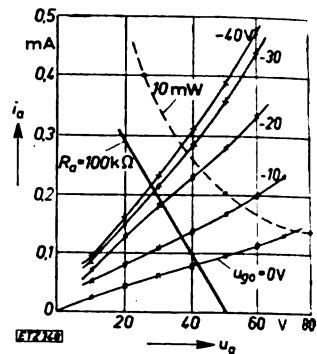


Bild 4. Kennlinienfeld des Fieldistors: Strom  $I_a$  als Funktion der Spannung  $u_a$  im Arbeitskreis für verschiedene Gittervorspannungen  $u_{g0}$ .

recht zur Oberfläche des Halbleiters zwischen Steuerspitze und Halbleiteroberfläche ausbildet und schon bei kleiner Vorspannung der Steuerspitze Feldstärken in der Größenordnung von  $10^4$  V/cm erreicht. Durch Einbau eines festen oder flüssigen Dielektrikums hoher Dielektrizitätskonstante kann dieser Wert noch vergrößert werden. Wegen der Steuerung durch ein elektrisches Feld wird diese Anordnung in Amerika als „Fieldistor“ bezeichnet.

Da die Steuerspitze den Germaniumblock nicht berührt, besitzt der Fieldistor im Gegensatz zum Transistor einen nur durch Isolationsverluste bestimmten sehr hohen Eingangswiderstand von 10 ... 100 M $\Omega$  und zeigt daher praktisch die gleichen Eigenschaften wie eine Vakuumtriode. Die Vorspannung im Steuerkreis entspricht der Gittervorspannung und der durch ein elektrisches Feld gesteuerte Strom im Arbeitskreis läßt sich mit dem Anodenstrom einer Triode vergleichen. Die Empfindlichkeit des Fieldistors ist durch das Verhältnis der Änderung des Stromes im Arbeitskreis zur Änderung der Spannung im Steuerkreis, also durch die Steilheit der Kennlinien gegeben. Sie beträgt im Mittel 20  $\mu$ A/V. Bild 4 zeigt das statische Kennlinienfeld des Fieldistors: Im Gegensatz zur Triode ergeben sich mit zunehmender negativer Gittervorspannung bei gleicher Spannung im Arbeitskreis größere Wechselströme im Außenkreis. Die Belastungsgrenze ist aus der für eine Leistung von 10 mW eingezeichneten Leistungshyperbel zu erkennen. Der beim Verstärkungsvorgang einzustellende Arbeitspunkt und die erzielbaren Wechselströme und Wechselspannungen können aus der für einen Arbeitswiderstand  $R_a = 100$  k $\Omega$  dargestellten Widerstandsgeraden entnommen werden. Die obere Frequenzgrenze des Fieldistors wird mit  $10^6$  Hz angegeben; der Verstärker kommt also nur für das Niederfrequenzgebiet in Betracht. Wegen des nichtlinearen Kennlinienverlaufs wird ein verhältnismäßig großer Klirrfaktor auftreten.

Als Folge der unvermeidlichen Isolationsverluste kann an Stelle der unendlich großen Stromverstärkung des idealen Fieldistors nur eine 10 000 ... 100 000fache Stromverstärkung verwirklicht werden. Da die Spannungsverstärkung im günstigsten Fall den Wert Eins erreicht, ist der Fieldistor eigentlich nicht als Verstärker, sondern mehr als Widerstandswandler anzusehen. Die Rauscheigenschaften des Fieldistors sind die gleichen wie beim Transistor.

Fri

DK 621.395.636.3 (673.77)

**Wechselstrom-Impulsbetrieb zum Herstellen von Fernverbindungen im amerikanischen Fernsprechnet.** [Nach C. A. Dahlbom, A. W. Horton jr. u. D. L. Moody: Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 68 (1949) S. 392.]

Bereits vor dem zweiten Weltkrieg wurde in den USA versuchsweise an einzelnen Stellen Wechselstrom-Impulsbetrieb zum Herstellen von Fernsprechverbindungen zwischen verschiedenen Fernsprechämtern angewandt. Wesentliche Verbesserungen waren jedoch noch nötig, bevor das System allgemein eingeführt werden konnte. Heute wird das Impulssystem in vielen Städten der Vereinigten Staaten eingerichtet. Der Grundgedanke läßt sich am besten an einem Beispiel erläutern. Soll zum Beispiel eine Fernverbindung zwischen den Teilnehmern A und B hergestellt werden, so ruft der Teilnehmer A seine Fernvermittlung an und gibt Ort und Nummer des anzurufenden Teilnehmers B an. Die Fernsprechvermittlerin verbindet das Impulssystem mit



lungsglied zwischen Ausgang und Eingang des Verstärkers dient. Wesentlich für die Wirkungsweise ist das Spannungsverhältnis  $\ddot{u}$  des Rückkopplungsnetzwerkes, das als Verhältnis von Eingangsspannung zu Ausgangsspannung definiert ist; die Resonanzfrequenzen der Schaltung liegen dort, wo der Imaginärteil von  $\ddot{u}$  verschwindet und der Realteil das gleiche Vorzeichen hat wie die Spannungsverstärkung des Breitbandverstärkers.

Pieplow entwickelt für die Rückkopplungs-Netzwerke eine Systematik, wobei er sich auf einfache Spannungsteiler, Spannungsteilerketten und Brückenschaltungen beschränkt; er unterscheidet Netzwerke erster Art, zweiter Art und gemischte Netzwerke. Die Netzwerke erster Art haben eine Spannungsübersetzung  $\ddot{u}$  mit stets positivem Realteil, die Ortskurve von  $\ddot{u}$  schneidet die reelle Achse nur einmal. Ist diese Ortskurve eine gerade Linie parallel zur imaginären Achse, so ist der Betrag  $\ddot{u}$  am Schnittpunkt am kleinsten, und man spricht von einer Filtercharakteristik (Schaltungsbeispiele  $a \dots d$  in Bild 5); ist die Ortskurve dagegen ein Kreis, der durch die reelle Achse halbiert wird, so ist der Betrag  $\ddot{u}$  am Schnittpunkt am größten, und es liegt eine Sperrcharakteristik vor (Schaltungsbeispiele  $e$  und  $d$ , sofern bei letzterem in der waagerechten Brückendiagonale die Elemente  $R$  und  $C$  vertauscht werden). — Netzwerke zweiter Art haben eine spiralförmige Ortskurve, die den Nullpunkt u. U. mehrmals umschlingt. Die  $R$ - $C$ -Kette nach der Schaltung  $f$  hat bei drei und vier Gliedern nur einen Schnittpunkt mit der reellen Achse, bei mehr Gliedern zwei oder mehr Schnittpunkte; praktisch hat auch hier immer nur der erste Schnittpunkt Bedeutung, da bei den weiteren Schnittpunkten der Betrag von  $\ddot{u}$  sehr groß ist. — Gemischte Netzwerke (Schaltungsbeispiele  $g$  und  $h$ ) sind Kombinationen von Ketten verschiedener Schaltungsart; die Kette nach Beispiel  $h$  hat eine Ortskurve, die die reelle Achse dreimal schneidet, wobei zwei Schnittpunkte zusammenfallen; es gibt hier zwei verschiedene, nicht harmonisch zueinander liegende Frequenzen, bei denen  $\ddot{u}$  den gleichen reellen Wert hat.

Wesentlich für die Beurteilung sämtlicher Netzwerke ist die Phasensteilheit, d. h. die Änderung des Phasenwinkels von  $\ddot{u}$  mit der Frequenz in der Umgebung des Schnittpunktes mit der reellen Achse; sie ist ein Maß für die Resonanzscharfe der Schaltungen. Grundsätzlich ergibt sich, daß die Phasensteilheit sämtlicher Netzwerke um etwa zwei Zehnerpotenzen niedriger ist als bei Schwingkreisen üblicher Ausführung. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Schaltungen nach Bild 5 sind gering.

Benutzt man die angegebenen Netzwerke zur Selbsterregung der Verstärkerschaltung, so entstehen die bekannten  $R$ - $C$ -Generatoren, die mit einer Amplitudenbegrenzung sinusförmige Schwingungen erzeugen können. Netzwerke erster Art benötigen einen Verstärker mit einer geradzahligem Stufenzahl (üblicherweise 2), während Netzwerke zweiter Art eine ungeradzahligem Stufenzahl (meist nur 1) brauchen. Infolge der geringen Phasensteilheit ist die Frequenzstabilität erheblich geringer als bei Generatoren mit Schwingkreisen. — Beim Bau von selektiven Verstärkern kann man die angegebenen Netzwerke ebenfalls zur Rückkopplung verwenden, muß jedoch unterhalb der Selbsterregungsgrenze bleiben; je nach Annäherung an diese Grenze läßt sich die Trennschärfe beliebig erhöhen, allerdings auf Kosten der Stabilität. — Beim Bau selektiver Sperrn muß aus der positiven Rückkopplung eine Gegenkopplung werden, die jedoch die Sperrschärfe nicht erhöhen kann; hierzu muß man besondere Kunstschaltungen mit „Vorwärtsregelung“ entwickeln. Gu

DK 621.394.5 42.(489) : 621.315.28

**Neue Fernschreibverbindung zwischen England und Dänemark.** [Nach Electr. Tms. 118 (1950) S. 105; 1 S., 2 B.]

Zwischen Weybourne (Norfolk) und der Insel Fanö an der Westküste von Dänemark wurde vor kurzem ein 566 km langes neues koaxiales Seekabel verlegt. Der Hersteller dieses Kabels ist die Submarine Cables Ltd., Hersteller der Telegraphenapparate und Verstärker die Siemens Bros. and Co. Ltd. Zunächst ist das Kabel für den gleichzeitigen Betrieb von 9 Fernschreibverbindungen vorgesehen. Wenn die Verstärkereinrichtungen an Land fertig sind, wird die Zahl der Verbindungen auf 15 erhöht; später sollen nach Einbau eines Unterwasserverstärkers 36 Verbindungen betrieben werden.

Das Kabel besitzt einen Innenleiter von 4,3 mm Dmr. aus einem massiven Kupferdraht mit darübergelegten dünnen Kupferbändern. Darüber befindet sich die Isolierung aus Telcothene<sup>1</sup>. Unmittelbar über dem Dielektrikum liegt der Außenleiter aus 6 längsgeschlagenen Kupferbändern. Der Innendurchmesser des Außenleiters beträgt 15,7 mm. Die längsgeschlagenen Kupferbänder werden durch ein in kurzem Schlag aufgebrachtes Kupferband gehalten. Darüber befinden sich geteerte Jute, eine Bewehrung aus 12 verzinkten Eisendrähten von je 7 mm Stärke und nochmals geteerte Jute. Der Gesamtdurchmesser des Kabels beträgt 44,4 mm. Sein Gewicht ist etwa 5,4 t/km.

Auf einer Strecke von etwa 900 m an jedem Ende liegt zwischen Außenmantel und Jute ein Telcothenemantel mit einer Dicke von 2,5 mm, der das Eindringen von Fremdströmen in den Außenleiter in der Nähe der Küste verhindern soll. Außerdem ist als zusätzliche Vorsichtsmaßnahme auf der kurzen Strecke zwischen der Station und dem Niedrigwasserzeichen ein Bleimantel aufgebracht.

Das Kabel besitzt bei 10 °C folgende elektrischen Eigenschaften:

Gleichstromwiderstand	1,19 Ω/km
Kapazität	0,100 μF/km
Isolationswiderstand	3,7 · 10 <sup>6</sup> MΩ · km
Spezifische Dämpfung	
Frequenz	
5 kHz	21,1 mNp/km
10	27,3
15	32,3
20	36,6

Ks

**Hochfrequenztechnik**

DK 621.396.612 : 621.314.65

**Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen aus Gleichstrom.** [Nach T. J. D o u m a : Commun. News 10 (1949) S. 52 u. 69; 31 S., 41 B.]

Nach einer kurzen Zusammenstellung der bisher üblichen Erzeugungsverfahren — Motorgeneratoren für Frequenzen bis zu 10 kHz und Generatoren mit Hochvakuumröhren bis zu höchsten Frequenzen — bespricht der Verfasser die Erzeugung der Hochfrequenzschwingungen, bei denen an einen Ladevorgang bei Hochspannung oder auch niederfrequenter Wechselspannung ein hochfrequenter Entladungsvorgang anschließt. Als Schaltorgan für höhere Frequenzen dienen Funkenstrecken mit ihrem verhältnismäßig hohen Verschleiß durch Abbrand. Mechanische Schalteinrichtungen, die ähnlich arbeiten, werden erwähnt und schließlich die Quecksilberdampf-Stromtore mit Gittersteuerung (Thyratron) als weiteres Schaltmittel besprochen. Für ungedämpfte Schwingungen weist D o u m a auf den von C. F. W a g n e r theoretisch behandelten Kreis mit Thyatronen hin, der aber neben gewissen Schwierigkeiten im Anschwingen wegen der notwendigen Entionisierungszeit nur bis zu Frequenzen von 2 kHz arbeitet. Er schlägt nun an Stelle des Stromtores mit Gittersteuerung ein kapazitiv gezündetes Schaltrohr mit Quecksilberkathode (Ignitron) vor. In diesem kann der durch einen Impuls kapazitiv gezündete Strom nur in einer Richtung fließen. Legt man, wie in Bild 6 angegeben, an den Zündstift einen Dreieckimpuls an, so wird  $C$  über das Schalt-

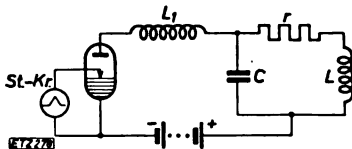


Bild 6. Schaltung zur Erzeugung von gedämpften Hochfrequenzschwingungen. (Statt aus der Batterie kann aus dem Wechselstromnetz über eine Gleichrichterschaltung geladen werden.)

rohr aufgeladen, das nach beendeter Ladung, also mit beginnender Umkehr des Stromes im Ladekreis auf Grund seiner Ventileigenschaften sperrt. Die Schaltung hat einen sehr guten Wirkungsgrad, da der des Schaltrohres sehr hoch ist. (Wenn die Batteriespannung hoch ist, 3 kV ist ein durchaus möglicher Wert, und der Spannungsverlust im Schaltrohr 30 kV, ein sehr hoch angenommener Wert, dann erreicht man am Rohr 99% unabhängig von der Höhe des Ladestromes.) Es ist nicht notwendig, daß die gedämpfte Schwingung im Kreis  $L, C, r$  abgeklungen ist, ehe der nächste Impuls folgt. Man kann im Gegenteil die Impulsfolge so

<sup>1</sup> Telcothene ist eine Mischung aus Polyäthylen und Polyisobutylem.  
<sup>2</sup> C. F. W a g n e r : J. amer. Inst. electr. Engrs. 1935, S. 1227; 1936 S. 970.

dicht wählen, daß die Schwingung im Kreis  $L, C, r$  beinahe den Charakter einer ungedämpften Schwingung hat. Nur muß dann die Frequenz der Impulsfolge mit der im Kreise  $L, C, r$  übereinstimmen, eine Forderung, die auch bei einer weniger dichten Impulsfolge erfüllt sein muß. Die Grundfrequenz des Dreieckimpulses muß dann gleich der des Kreises  $L, C, r$  sein oder auch höher.

In einer sehr gründlichen mathematischen Behandlung werden alle diese Fälle durchgerechnet. In der praktischen Durchführung bringen die Schältröhren noch Schwierigkeiten. So liefert eine recht kleine Röhre zwar schon 10 kW (25 kV, 4 A) bei 3,5 kHz. Jedoch werden durch Verunreinigungen nach etwa 60 Betriebsstunden die Stromunterbrechungen mehr und mehr unregelmäßig, eine Erscheinung, die zwar hier ungefährlich ist, aber den Wirkungsgrad verschlechtert. Gefährlicher sind die Rückzündungen, die auf die Ladequelle ungünstig wirken. Ferner ist die Ladestromstärke durch die unbequeme Kühlung der z. Zt. noch mit einem Glaskörper ausgerüsteten Schältröhren über ein Zwischenölbäd begrenzt. Man hofft, durch Verbesserung der Kühlung auf höhere Leistungen zu kommen. Erreicht wurden bereits bei 40 kW 30 Betriebsstunden, gelegentlich sogar bei 80 kW. Der Verfasser sieht Anwendungsmöglichkeiten auf den verschiedensten Gebieten. **HM**

**Physik**

DK 621.315.59 : 937.311.1

**Halbleiter mit Ionen gesteuerter Wertigkeit.** [Nach E. J. W. Verwey, P. W. Haaijman, F. C. Romeijn u. G. W. v. Oosterhout: Philips Res. Rep. 5 (1950) S. 173; 15 S., 5 B.]

Bei Halbleitern, die chemische Verbindungen sind und deren Leitfähigkeit auf sehr geringen Abweichungen von der genauen chemischen Formel beruht (in der Regel geringer Sauerstoffüberschuß oder -mangel), ist es außerordentlich schwierig, bei der Fabrikation konstante Widerstandswerte zu bekommen, weil schon die geringsten Abweichungen der Temperatur und des Sauerstoffdrucks große Änderungen hervorrufen. Die Ursache der vergrößerten Leitfähigkeit bei diesen Verbindungen ist, daß die eine der beiden Ionenarten in verschiedener Wertigkeit vorkommt, z. B. bei  $Cu_2O$  neben dem normalen einwertigen  $Cu^+$  auch zweiwertiges  $Cu^{++}$ . Dann verlangt aber die elektrische Neutralität des  $Cu_2O$ , daß ebenso viele  $Cu^+$ -Ionen im Gitter fehlen, wie  $Cu^{++}$  vorhanden sind. Es besteht also Sauerstoffüberschuß in Verbindung mit atomaren Löchern. Diese sind aber sehr instabil. Der Leitungsmechanismus ist Löcher- oder  $p$ -Typ-Leitung. („Atomare Löcher“ und „Löcherleitung“ dürfen nicht miteinander verwechselt werden. Atomare Löcher sind vorhanden, wenn einzelne Gitterpunkte nicht mit Atomen besetzt sind. Löcherleitung ist vorhanden, wenn in einzelnen Gitterpunkten Elektronen fehlen. Es ist also bei voller Besetzung aller Gitterpunkte mit Atomen Löcherleitung möglich.)

Demgegenüber haben die Verfasser den neuen Gedanken, nicht mit atomaren Löchern zu arbeiten, sondern dem Halbleiter Fremdionen hinzuzufügen, die gleiche Ionenradien wie die Grundionen aber eine andere Wertigkeit haben. Dadurch erzwingen sie eine Änderung der Wertigkeit einer entsprechenden Zahl von Grundionen. Ein Beispiel erläutert das Verfahren am besten. Dem sehr schlecht leitenden Halbleiter  $NiO$  wird  $Li_2O$  zugesetzt. Ni ist hier zweiwertig, Li einwertig. Also erzwingt das einwertige Li den Übergang einer gleichen Anzahl Nickelatome aus dem Zwei- in den dreiwertigen Zustand. Ist  $\delta$  der Bruchteil des zugesetzten Li, so ergibt sich statt  $NiO$  ( $Li_\delta Ni_{1-\delta}^{II} Ni_\delta^{III}$ ) O. Das Li wird an Stelle des Ni in die normalen Gitterpunkte eingebaut, da es den gleichen Ionenradius hat wie das Ni (0,78 Å). Es sind also keinerlei atomare Löcher im Gitter vorhanden. Abgesehen von der großen Instabilität der Verbindungen mit atomaren Löchern hat das neue Verfahren ihnen gegenüber noch den Vorteil, daß mit wesentlich größeren Zusatzmengen gearbeitet werden kann. Bei den Verbindungen mit atomaren Löchern handelt es sich um Abweichungen unter 1%, während hier 10% und mehr zugesetzt werden können, was viel leichter und genauer durchführbar ist. Die folgende Tabelle gibt den Zusammenhang zwischen spezifischem Widerstand  $R$  und dem Li-Zusatz.

Atom-% Li	0	0,0025	0,01	0,1	0,5	2,42	4,75	9,05
$R$ [ $\Omega$ cm]	$10^6$	9500	130	100	21	4,4	2,3	1,3

Fast die gleichen Ergebnisse gibt Co mit Li-Zusatz. Der Leitungsmechanismus ist in beiden Fällen vom  $p$ -Typ.

Wird andererseits dem  $Fe_2O_3$ , in welchem das Fe dreiwertig ist, vierwertiges Ti zugesetzt, so erzwingt dieses, daß die gleiche Menge Eisenionen zweiwertig wird. Hierbei entsteht  $n$ -Typ-Leitung. Der Widerstand des reinen  $Fe_2O_3$  von  $10^9 \Omega$ cm geht bei Zusatz von 1 Atom-% auf  $10 \Omega$ cm herunter.

Ähnliche Wirkungen lassen sich bei den komplizierten Verbindungen vom Perowskit-Typ erzielen. 23 derartige Verbindungen werden mitgeteilt. **Gsch**

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 621.319.5 : 667

**Elektrostatisches Spritzlackieren und Tropfenabziehen.** [Nach einem Vortrage von F. Bollenrath, Aachen, auf der Tagung der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung in Darmstadt, Nov. 1950.]

Für das Aufbringen von Farb- und Lacküberzügen sowie Emaille auf großflächige Stücke und Gegenstände in großen Stückzahlen haben sich die beiden Verfahren des Spritzens und Tauchens als besonders zweckmäßig und wirtschaftlich erwiesen. Es ergeben gleichmäßige Überzüge, die Schichtdicke kann leicht in vorgegebenen Grenzen gehalten werden und die Herstellungsgeschwindigkeit ist hoch. Den Verfahren haften jedoch einige Nachteile an, wie große Lackverluste bei Teilen mit geringen Querabmessungen und hohe physiologische Belastung der Arbeiter durch Farbnebel, verdunstende Lösungsmittel und Verdüner bei Spritzüberzügen. Beim Tauchlackieren können oft erhebliche Unterschiede in der Dicke der Überzüge, das sog. Schwimmen, Bildung von „Tränen“ oder Tropfen und fette Kanten nicht vermieden werden. Hier hat nun das von Ransburg, Indianapolis, entwickelte Verfahren des elektrostatischen Spritzens bemerkenswerte Fortschritte gebracht.

Das elektrostatische Spritzen beruht auf den gleichen physikalischen Grundlagen wie die bekannten Elektrofilter zur Beseitigung von Schwebeteilchen aus Gasen. Als Niederschlagselektrode ist das Werkstück zwischen zwei Sprühelektroden angeordnet. Als Sprühelektroden werden Drahtgitter benutzt. Eine schematische Darstellung zeigt Bild 7. Dem Wechselstromnetz 1 wird der Strom entnommen, der über einen Transformator 4 auf 110 ... 130 kV transformiert und durch Trockengleichrichter 5 gleichgerichtet wird. In einer Spritzkammer 12 werden die positiv gepolten und geerdeten Werkstücke 10 durch einen Förderer 9 zwischen den beiden negativ gepolten Drahtnetzelektroden 8 durchgeführt. Entgegen der Förderrichtung wird in den Raum zwischen Werkstück und Sprühelektrode der Farbnebel mit automatisch arbeitenden Spritzpistolen eingespritzt. Die mittlere Richtung des Spritzkegels verläuft von der Spritzpistole etwa auf die mittleren Werkstücke zu. Gleichlaufend oder quer zum Spritzkegel wird von einem Gebläse fortlaufend Frischluft durch die Kammer gesaugt; dadurch werden die Lackteilchen, die nicht zum Werkstück gelangen, und die verdunstenden Lacklöse- und -verdünnungsmittel fortlaufend aus der Spritzkammer entfernt, so daß sich kein explosives Gemisch bilden kann.

Die von der Spritzpistole versprühten und im Raume zwischen den Elektroden elektrisch aufgeladenen Schwebeteilchen wandern infolge der im elektrostatischen Feld wirkenden Kräfte zu den Werkstücken und schlagen sich ent-

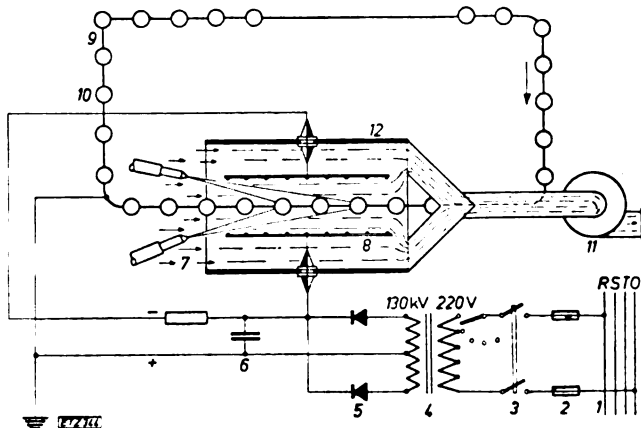


Bild 7. Schema des elektrostatischen Spritzens. Legende im Text.



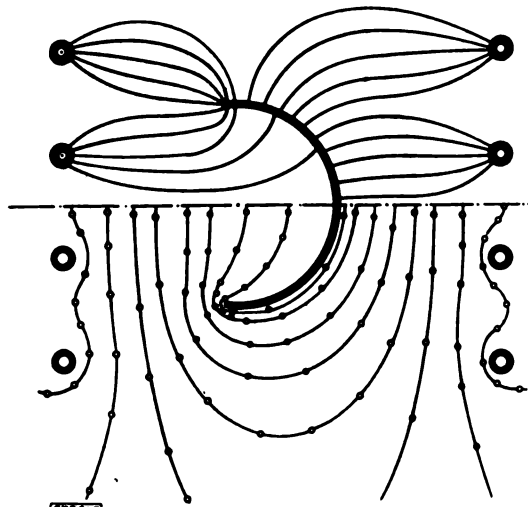


Bild 8. Verlauf der Potential- und Feldlinien.

sprechend der Feldlinienverteilung und den mechanischen Kräften nieder. An konkaven Flächen ist das Spannungsfälle für die angestrebte Schichtdicke oft zu niedrig. In Bild 8 sind für einen solchen Fall der Verlauf der Potentiallinien und der Feldlinien nach Modellversuchen in einem elektrolytischen Trog dargestellt. Durch geeignete Anordnung solcher Körper auf dem Förderband und dadurch, daß der Spritzkegel in die konkave Fläche gerichtet und so den Schwebeteilchen rein mechanisch eine günstige Bewegungsrichtung vorgegeben wird, kann die Gleichmäßigkeit der Überzüge in vielen schwierigen Fällen oft verbessert werden.

Das Tropfenabziehen nach dem Tauchlackieren beruht auf der mit der Spannung zunehmenden Verdrängung der Elektronen an die Oberfläche und an die am weitesten von der Mitte eines Leiters oder Halbleiters entfernten Teile, in unserem Falle an die Tropfen. Liegt das Werkstück am negativen Pol einer Gleichstromquelle und wird es über einer positiven Elektrode angeordnet, so wird die Ladungsdichte an den Tropfen besonders hoch, die zu der beispielsweise als Maschendrahtrost ausgebildeten Elektrode gerichtet sind. Mit zunehmender Spannung werden die Tropfen in Richtung der Feldlinien gestreckt oder zu einem Faden ausgezogen. Am Ende dieses Fadens stoßen sich die geladenen Lackteilchen derartig stark ab, daß die Spitzen fortlaufend abreißen. Sie wandern zum positiven Maschendraht, wie Bild 9 sehr schön erkennen läßt.

Die beiden vorhin beschriebenen Verfahren haben sich in zahlreichen Fällen als technisch und wirtschaftlich sehr vorteilhaft erwiesen. Bei einer großen Zahl Bleche verarbeitender Firmen werden die Anlagekosten in kurzer Zeit durch die eingesparten Kosten für Überzugmittel, Löhne und Werkstatttraum ausgeglichen. Sb

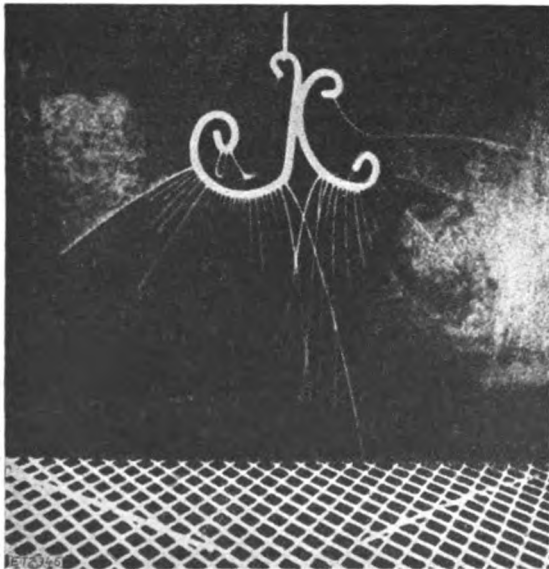
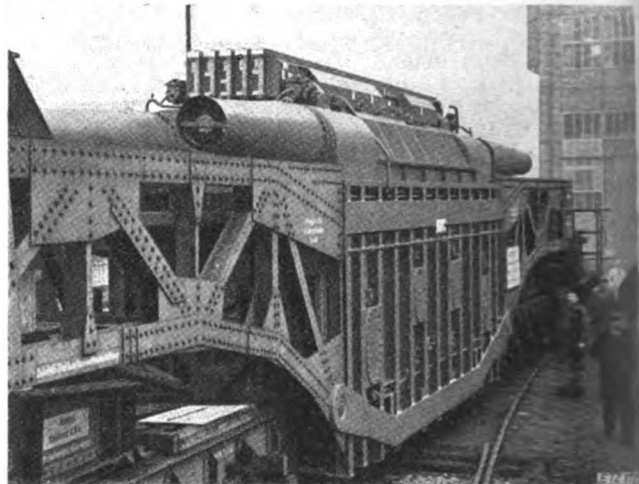


Bild 9. Farbtropfen werden zum positiven Maschendraht gezogen.

## Kurznachrichten

**Th. Lehmann-Preis<sup>1</sup>.** — Die Soc. franç. des Electriciens hat am 28. Juni 1950 die Stiftung eines Th. Lehmann-Preises beschlossen, der alle drei Jahre für die beste Arbeit über die Anwendung graphischer Verfahren in der Elektrotechnik vergeben werden soll. Die Stiftung ehrt das Andenken an den Elsässer Th. Lehmann, der sich der graphischen Verfahren in seinen zahlreichen Arbeiten aus dem Elektromaschinenbau, von denen viele auch in der ETZ erschienen oder referiert sind, besonders geschickt zu bedienen wußte.

Wandertransformator für das RWE.



Der abgebildete Wandertransformator, 220/110 kV, 100 MW, wurde kürzlich von BBC-Mannheim an das RWE geliefert.

**Wassertagung in Essen.** — Die führenden wasserwirtschaftlichen Vereine und Verbände wollen im September 1951 zusammen mit dem Haus der Technik in Essen eine Tagung abhalten, auf der alle Gebiete der Wasserwirtschaft, z. B. auch Talsperren- und Wasserkraftwesen, zur Sprache kommen sollen. Auskunft erteilt das HdT., Essen, Hollestr. 19.

**Tagung der Postreferenten bei DeTeWe, Berlin.** — Die Referenten und Sachbearbeiter der Deutschen Bundespost für Fernsprech-Nebenstellenanlagen fanden sich Ende Januar im Stammhaus der DeTeWe in Berlin zu einer Tagung zusammen, auf der zusammen mit Herren vom Fernmelde-technischen Zentralamt in Darmstadt über die neuesten Nebenstellenanlagen der „Deutschen Telefonwerke“ (DeTeWe) gesprochen wurde. An Weiterentwicklungen zeigte die Firma u. a. einen Mithörsapparat für 5 Teilnehmer sowie eine Relaisanlage mit gemeinsamer Haussprechleitung und Linienwähler für eine Amtsleitung und sechs Sprechstellen.

**Superhet mit Germanium-Dioden.** — Der erste in Serie hergestellte Rundfunkempfänger mit Germanium-Dioden ist der AM-FM-Super „Weser“ der C. Lorenz AG. Zwei der drei Dioden, paarweise mit gleicher Charakteristik ausgesucht, gewinnen aus der frequenzmodulierten Zwischenfrequenz die Tonfrequenz. Sie sind nur so groß wie ein  $\frac{1}{4}$  Watt-Widerstand und nehmen deshalb kapazitiv keine störenden Brummspannungen auf. Die Demodulationskennlinie dieser Kristallgleichrichter hat eine so günstige Form, daß Spannungen noch verzerrungsfrei verarbeitet werden, die nur  $\frac{1}{10}$  des Mindestwertes für gewöhnliche Hochvakuumröhren betragen.

**Deutscher UKW-Sender in Finnland.** — Um finnische interessierte Kreise über den UKW-Rundfunk zu unterrichten, unternahm der technische Direktor des NWDR, Dr. W. Nestel, auf Einladung der finnischen Rundfunk-Gesellschaft eine Vortragsreise nach Finnland. Gleichzeitig wurde auf dem 72 m hohen Turm des Olympiastadions in Helsinki ein Telefunken-UKW-Sender errichtet, der von der Finnischen Rundfunk-Gesellschaft vorerst weiter betrieben wird.

<sup>1</sup> Bull. Soc. franç. Electr. 1 (1951) H. 1, S. 7.



# VERSCHIEDENES

## VDE

### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

### Bekanntmachungen

#### VDE-Kommission „Isolationsbemessung ab 1 kV“

Die Kommission hat die nachstehenden „Richtlinien für die probeweise Verwendung von Hochspannungsgeräten und Schaltanlagen für Betriebsspannungen bis 10 kV“ ausgearbeitet und beabsichtigt, sie möglichst bald in Kraft setzen zu lassen. Einsprüche und Anregungen hierzu können bis zum 15. April 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende **Elsner** VDE-Vorschriftenstelle **Jacottet**

#### VDE 0671/...51, Richtlinien für die probeweise Verwendung von Hochspannungsgeräten und Schaltanlagen für Betriebsspannungen bis 10 kV

##### Gültigkeit

- § 1. Geltungsbeginn  
Diese Richtlinien treten am . . . . 1951 in Kraft<sup>1</sup>.
- § 2. Geltungsbereich

Diese Richtlinien gelten für Innenraum-Hochspannungsgeräte, für gekapselte, fabrikfertig gelieferte Schalteinheiten und offene Anlagen bei Betriebsspannungen bis 10 kV mit der Einschränkung, daß an der betreffenden Netzstelle die Ausschaltleistung 200 MVA und die Stromstärke 600 A nicht überschreiten darf.

##### I. Allgemeines

#### § 3. Probeweise Verwendung

Die probeweise Verwendung soll dazu dienen, neue Abmessungen und neue Geräte zu erproben. Die Geltungsdauer der probeweisen Verwendung der neuen Abmessungen und Geräte wird auf 5 Jahre begrenzt. Vor Ablauf der Geltungsdauer entscheidet der VDE, ob nach hinreichender Erfahrung die neuen Abmessungen und Geräte endgültig in die VDE-Bestimmungen aufgenommen werden können.

#### § 4. Allgemeine Kennzeichnung

Hochspannungsgeräte, die diesen Richtlinien entsprechen, müssen ein die Herstellerfirma kennzeichnendes Urprüfungszeichen tragen.

##### II. Bestimmungen

#### § 5. Schlagweiten

Für Hochspannungsgeräte (im Sinne von VDE 0670) und gekapselte fabrikfertig gelieferte Schalteinheiten werden keine Schlagweiten vorgeschrieben. Die Geräte müssen so gebaut und bemessen sein, daß sie den in § 7 angegebenen Prüfspannungen entsprechen.

In offenen Anlagen gilt für die Maße, die der Montageort und Stelle überlassen bleiben, als Mindestschlagweite zwischen blanken Teilen und geerdetem Isolatorflansch sowie zwischen den Polen 100 mm, zwischen allen übrigen Stellen der Anlage und Erde 110 mm.

#### § 6. Mechanische Belastbarkeit der Stützer und Durchführungen

Die probeweise verwendeten Stützer und Durchführungen müssen hinsichtlich der Umbruchkräfte DIN 48100, 48101, 48102, 48104 und 48106 entsprechen.

#### § 7. Elektrische Prüfung

Die probeweise verwendeten Geräte und die gekapselten fabrikfertig gelieferten Schalteinheiten sind folgenden Prüfungen zu unterziehen:

- a) Stückprüfung mit Wechselspannung 50 kV. — Die Höhe der Prüfspannung (Effektivwert) beträgt: 1. zwischen Leiter und Erde sowie zwischen Leitern verschiedener Pole 40 kV, 2. über offene Trennstrecken von Trennschaltern, Leistungstrennschaltern, Trennsicherungen

<sup>1</sup> Genehmigt durch den Vorstand des VDE im . . . . . 1951, veröffentlicht in ETZ 72 (1951) S. 159.

und Sicherungsträgern 50 kV. Die Prüfdauer beträgt bei Isolierungen aus keramischem Werkstoff 1 min, bei solchen aus organischem Isolierstoff 5 min.

- b) Typenprüfung mit Stoßspannung. — Der Scheitelwert der Stehstoßspannung<sup>2</sup> 1/50 soll mindestens betragen: 1. zwischen Leiter und Erde sowie zwischen Leitern verschiedener Pole ± 80 kV, 2. über offene Trennstrecken von Trennschaltern, Leistungstrennschaltern, Trennsicherungen und Sicherungshaltern ± 100 kV.

#### VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“

Außerkraftsetzung von VDE 0204 U<sup>3</sup>. — Es ist beabsichtigt, die im Kriege aufgestellten „Übergangs-Vorschriften für Zink für Elektrotechnik“ VDE 0204 U/XII.44 außer Kraft zu setzen. Einsprüche hiergegen können bis zum 1. April 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden.

Der Vorsitzende der Kommission **Förster** VDE-Vorschriftenstelle **Jacottet**

#### Berichtigung

In den VDE-Fachberichten Bd. 13, 1949, ist zu dem Bericht „Über das Verhalten von Leitungen mit Kunststoff-Isolierung (PVC) bei Gleichspannung“ als Verfasser versehentlich nur K. Leilich genannt. Wir bitten nachzutragen, daß der zweite Verfasser Herr Ditzens ist.

## SITZUNGSKALENDER

- Frankfurt a. M.: ETG Frft., Mainzer Landstr. 23
  - 6. 3. 51, 17.00: „Entwicklungslinien im elektrischen Schaltanlagenbau“, Dir. Dipl.-Ing. Meiners, Berlin.
- Hannover: ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70
  - 13. 3. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Stand der Technik des Baues von Flüssigkeitsschaltern im In- und Ausland“, Obering. E. Maab, Frankfurt a. M.
- Köln: VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5
  - 9. 3. 51, 17.30, Staatl. Masch.-Bauschule Ubiering 48: „Schaltanlagenbau im Ausland“, Dir. Dipl.-Ing. Meiners, Berlin.
- München: ETV Mchn., Blumenstr. 8
  - 15. 3. 51, 18.00, Vortragssaal 2 im Dt. Museum: „Technik und Forschung“, Dr.-Ing. Kesselring, Zollikon.
- Nürnberg: ETG Nbg., Sandrartstr. 30
  - 13. 3. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Über die Verwendung elektrischer Meßgeräte in der Praxis“, Obering. W. Westermann, Erlangen.
- Wuppertal: VDE-Bezirk Berg. Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52
  - 6. 3. 51, 20.00: „Neuentwicklungen auf dem Gebiete der Lichtbogen- und Widerstandsschweißmaschinen“, Dipl.-Ing. Häbler.
- Frankfurt a. M.: Technische Akademie Bergisch Land
  - 12. 3. bis 16. 3. 51, tägl. 8.30 bis 12.00, Vereinshaus Bürgerstr. 1—3: Kursus „Statistische Methoden in Verkehrsunternehmen“, Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Wuppertal.
- Wuppertal: Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4
  - 5. 3. bis 9. 3. 51, tägl. 15.15 bis 18.00, Gymnasium Aue: Kursus „Vorschläge zu einer grundlegenden Neugestaltung des mathematischen Unterrichts an höheren Schulen und Mittelschulen“, Dr. M. Enders.
- 12. 3. bis 16. 3. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Vom Wesen des metallischen Zustandes“, Prof. Dr. W. Guertler.
- Wuppertal: Berg. Bezirksverein d. VDI, Wpt.-E., Gartenstr. 5
  - 14. 3. 51, 18.30, Farbenfabriken Bayer: „Moderne photoelektrische Steuer- und Regeltechnik“, Dr. Helbig.

## PERSONLICHES

**E. Friederich †.** — Die Glühlampenfachwelt verlor kürzlich in Dr. Ernst Friederich einen ihrer führenden Wissenschaftler. Von seinen Arbeiten sind hervorzuheben die Entwicklung der gasgefüllten Wolframdrahtlampe, die Erfindung der Wolfram-bogenlampe und die glückliche Lösung metallurgischer und chemischer Fragen, insbesondere der Getterverfahren. Auf breiter Basis behandelte Friederich das Problem von Temperaturstrahlern mit höheren Schmelzpunkten und gab uns die Erkenntnis, daß es keine hochschmelzenden Verbindungen gibt, die als Leuchtkörperstoffe dem Wolfram technologisch überlegen sind. Bedeutende

<sup>2</sup> nach Neuentwurf von VDE 0111 etwa 90% der 50%-Überschlagstoßspannung.  
<sup>3</sup> Diese Übergangs(U)-Vorschriften wurden früher als Behelfs(B)-Vorschriften und davor als Kriegs(K)-Vorschriften bezeichnet. Für die B- und K-Vorschriften gilt daher dasselbe wie für die U-Vorschriften.

Arbeiten über Gasentladungen und Leuchtstoffe verschafften Dr. Friederich internationalen Ruf. Bis 1945 leitete er das OSRAM-Forschungsinstitut, dann folgte er einem Ruf nach den USA, wo er jetzt einer Herzerkrankung erlegen ist. HZ

**Jubiläum.** Die DEBEG, Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH., wurde im Januar 1911 mit dem Ziel gegründet, die drahtlose Nachrichtenübertragung für die deutsche Schifffahrt nutzbar zu machen. Löschfunkensender, Röhrensender, Kurzwellentelephonie, Funkpeilanlagen und Funkmeßgeräte, das sind die Meilensteine auf dem verdienstvollen 40jährigen Weg der Gesellschaft, deren Arbeiten auch die internationale Zusammenarbeit auf See befruchtet haben. Sie war Mitbegründerin des Comité International Radio-Maritime, Brüssel, und gehört auch der nach dem letzten Krieg entstandenen Nachfolgeorganisation an. Ihren Werdegang hat die Gesellschaft anlässlich der 40-Jahrfeier in einer Druckschrift „40 Jahre Seefunk 1911—1951“ beschrieben.

R

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 53 (022.5)

**Lehrbuch der Experimentalphysik.** Von L. Bergmann u. Cl. Schaefer. I. Bd.: Mechanik, Akustik, Wärmelehre. 2. u. 3. Aufl. Mit 622 S., 643 B., Format 16×24 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1945. Preis kart. DM 20,—.

Das vorliegende Lehrbuch der Experimentalphysik wendet sich an Physiker, Mathematiker, Pharmazeuten, Mediziner, Biologen und Ingenieure, also an alle, die an Universitäten oder Technischen Hochschulen die Vorlesungen über Experimentalphysik besuchen. Der bis jetzt allein erschienene erste Band enthält die Mechanik, Akustik und Wärmelehre mit einem gegenüber dieser Vorlesung etwas vermehrten Inhalt.

Als besonderer Vorzug des Werkes ist die klare, sehr ausführliche und soweit dies überhaupt möglich ist, elementare Darstellung zu nennen, die sich nicht scheut, auch den einfachsten Dingen (sie sind für den Anfänger häufig gar nicht so einfach) ausreichenden Platz einzuräumen. Großer Wert wird auf begriffliche Klarheit gelegt. Wichtige Bezeichnungen, Tatsachen und Lehrsätze sind durch Fettdruck hervorgehoben, so daß man auf jeder Seite, die man aufschlägt, den Inhalt sofort übersieht. Die zahlreichen Abbildungen sind wohlüberdacht und gut wiedergegeben. Besonders erfreulich ist, daß schon dem ersten Band ein ausführliches Sachverzeichnis mit rund 1500 Stichworten beiliegt. Die mathematischen Voraussetzungen gehen kaum über das hinaus, was von der Schule mitgebracht wird; die Infinitesimalrechnung wird nur mäßig gebraucht.

Vermutlich wird nicht jeder der in Aussicht genommenen Leser das ganze Buch von der ersten bis zur letzten Seite studieren. Aber auch für den, der Physik nicht als Hauptfach wählt, wird das Werk noch in späteren Jahren wertvoll sein, falls er sich schnell und zuverlässig über ihm beugnende physikalische Probleme orientieren will. Auch zum Selbststudium dürfte es vorzüglich geeignet sein, wenn man sich dabei auch immer vor Augen halten muß, daß das Experiment nie durch eine Beschreibung und eine bildliche Darstellung vollkommen ersetzt werden kann.

Ein Wunsch des Referenten wäre, in einer neuen Auflage die Auffassung der physikalischen Gesetze als Größengleichungen stärker zu betonen, also z. B. S. 178 für die Erdbeschleunigung in Abhängigkeit von der geographischen Breite nicht  $g_{\varphi} = g_0 - 3,4 \cos^2 \varphi$ , sondern  $g_{\varphi} = g_0 - 3,4 \cos^2 \varphi \cdot \text{cm s}^{-2}$  zu schreiben; denn 3,4 bedeutet in dieser Formel keine reine Zahl, sondern eine in  $\text{cm s}^{-2}$  ausgedrückte Beschleunigung.

Zweifellos wird dieses Lehrbuch bei den Studierenden sehr beliebt werden.

DK 621.3.01 (023.2)

**Einführung in die Elektrotechnik.** 1. Teil. Von W. Bader. (Bd. VI, 1 d. Reihe „Die Ingenieurwissenschaften“). Mit 82 S., zahlr. B., Format 14×24 cm. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1950. Preis kart. DM 5,50.

Das Bändchen bildet den ersten Teil eines vom Verfasser geplanten mehrbändigen Werkes über die Einführung in die Elektrotechnik. Die einzelnen Abschnitte des Buches

— betitelt: Die elektrische Strömung, Das elektrische Feld, Das magnetische Feld, Wechselströme, — behandeln elementar die Grundbegriffe und -gesetze der Elektrizität und des Magnetismus. Hierbei werden Ladung, Spannung, Strom, Widerstand, Leistung, die Grundgrößen des elektrischen und magnetischen Feldes nebst den zugehörigen Verknüpfungssätzen in knapper, auf den Techniker zugeschnittenen Form dargestellt. Der Wechselstromteil bringt die trigonometrische und Vektordiagrammdarstellung der einwelligen Ströme.

Das ganze Büchlein ist reich mit Abbildungen und aus der Praxis genommenen, im Text verstreuten, durchgerechneten Zahlenbeispielen versehen. Außer diesen wird jeder Teil durch eine den Inhalt des Abschnittes erfassende Sammlung von Übungsaufgaben abgeschlossen, deren Lösungen am Ende des Buches folgen.

Wie Verfasser im Vorwort zum Ausdruck bringt, ist seine Absicht, in diesem einleitenden Buch die theoretischen Vorbedingungen zum Verständnis der im zweiten Band folgenden Übersicht über die gesamte Elektrotechnik zu schaffen; dieses Ziel ist erreicht worden. Erst nach Erscheinen der weiteren Bände kann das Werk abschließend gewürdigt werden.

L. v. Szalay

DK 621.396.621.004.67 : 621.317.3 (023.2)

**Messungen und Untersuchungen an Rundfunkgeräten.** Von Hubert Gibas. Mit 52 S., 34 B., Format 15,5×22,5 cm. Verlag Leemann, Zürich 1950.

Das Heftchen behandelt in sachlicher Kürze sämtliche an einem Rundfunkgerät möglichen oder notwendigen Messungen, sei es für die Entwicklung, Fertigungsüberwachung oder Reparatur. Der Verfasser schildert aus der Praxis für die Praxis ohne lange theoretische Betrachtungen die jeweils möglichen Meßmethoden und begründet ihre Vor- oder Nachteile sowie besondere Vorsichtsmaßnahmen oder Bedingungen. In zwei Abschnitten folgen die Erfahrungswerte an fehlerfreien und fehlerhaften Empfängern. Bei seinem kleinen Umfang ist dieses Heftchen sowohl für Studenten als auch für Techniker und Ingenieure ein recht nützliches Nachschlagewerk.

H. Ifland

DK 621.3.011 (023.3)

**Grundlagen der Elektrotechnik.** II. Teil: Magnetisches und elektrisches Feld. Von Dr.-Ing. Rolf Lempelius. Mit 111 S., 58 B., Format DIN A 5. Eigenverlag, Bad Nauheim 1950. Preis etwa DM 3,90.

Der zweite Band der Grundlagen der Elektrotechnik von Lempelius behandelt magnetisches und elektrisches Feld. Ausgehend von den Eigenschaften und dem Verhalten der Magnete und der magnetischen Substanzen werden anschließend der Elektromagnetismus, die magnetischen Kreise und ihre Gesetze und die Induktionsgesetze besprochen und an zahlreichen, teilweise durchlaufenden Beispielen erläutert. Den Abschluß bilden Betrachtungen der Kräfte und Energien im magnetischen Feld. In etwas kürzerer Fassung werden dann, ausgehend von den Grundbegriffen, das elektrische Feld, der Kondensator, einfache Leiteranordnungen und die Energien und Kräfte behandelt.

Im Gegensatz zum ersten Band sind alle Betrachtungen hier von Anfang an auf die Felder eingestellt. Ein besonderer Vorzug des kurz gefaßten Werkes ist, daß es viele Formeln und Formelableitungen für die grundlegenden Feldbilder enthält. Gegenüber dem ersten Band ist vielleicht die didaktische Behandlung der Beispiele etwas verkürzt. Dies ist jedoch nicht als Nachteil anzusehen, da die Betrachtungen und Formelableitungen außerhalb der Beispiele auch schon einen hohen lehrhaften Wert besitzen.

O. Mohr

DK 518.5/6 : 681.14 (023.4)

**Verfahren und Geräte zur mehrdimensionalen Fouriersynthese.** Von W. de Beauclair. Bd. I. Mit 71 S., 38 B., Format 15×23 cm. Akademie-Verlag, Berlin 1949. Preis kart. DM 15,—.

Das Buch stellt die instrumentellen und rechnerischen Möglichkeiten zur mehrdimensionalen Fouriersynthese dar, die besonders zur Beschreibung der Struktur von Kristallen (Elektronendichteverteilung) große Bedeutung erhalten hat. Im häufigsten zweidimensionalen Fall wird die zu beschreiben

hende Funktion  $f(x,y)$  durch Doppelsumme etwa der Art

$$f(x,y) = \sum_h \sum_k a_{hk} \cos 2\pi (hx + ky)$$

ausgedrückt. Solche Doppelsummen treten an die Stelle der harmonischen der gewöhnlichen (eindimensionalen) Fouriersynthese und werden in der Einleitung des Buches anschaulich als Wellflächen dargestellt.

An der eindimensionalen Synthese (Abschnitt 1) sind die Grundlagen der später beschriebenen Verfahren und Geräte angelegt. Für den zweidimensionalen Fall (Abschnitt 2) sind für numerisches Vorgehen mit der gewöhnlichen Rechenmaschine Rechenschemata, sog. Phasenfaktorentafeln, ausführlich beschrieben. (Band 2 des Gesamtwerks stellt eine vollständige Sammlung gebrauchsfertiger Phasenfaktorentafeln für eine Einteilung der Periode in  $1/48$  in  $x$ - und  $y$ -Richtungen dar.) Auch die Verwendung von Lochkartenmaschinen wird behandelt. Von instrumentellen Vorschlägen ist besonders das Überlagern von Wechselspannungen mit geeigneter Frequenz (entsprechend dem Parameter  $h$ ) und Phasenlage (entsprechend  $k$ ) herausgestellt. (Für dieses Vorgehen ist der Ausdruck „Frequenzmodulation“ leider abweichend vom sonst üblichen Sprachgebrauch benutzt.) Die Verwirklichung eines solchen Geräts, das bis zu Konstruktionsdaten beschrieben ist, könnte ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für den Kristallographen ergeben. Das Gerät liefert in je etwa 2 s beliebig eng wählbare Schnitte durch die aufzubauende Fläche oder in 2 h das vollständige Schnittlinienbild der Fläche als photographische Aufnahme. — Dreidimensionale Synthese (Abschnitt 3) ist wegen der größeren Mannigfaltigkeit durch 3 unabhängige Veränderliche nur mit großem Aufwand angreifbar. Es werden einige Rechenverfahren, besonders unter Verwendung von Buchungsmaschinen, angegeben.

Der Wert des Büchleins liegt in der verständlichen, durch anschauliche Skizzen unterstützten Darstellung der Probleme und der möglichen Lösungswege, sowohl für den Kristallographen als auch für den Rechner. Die Sammlung von Rechenformularen im 2. Band ermöglicht die Ausführung einer zweidimensionalen Synthese durch einfache Rechenkräfte.  
H.-J. Dreyer

DK 621.313 (023.4)

**Elektrische Maschinen der Kraftbetriebe.** Von Prof. Dr. E. Wüst. Mit 184 u. VII S., 189 B., 10 Taf., Format 16×23 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 19.—, geb. DM 21,50.

Das Buch behandelt nicht nur die Wirkungsweise der Motoren für elektrische Antriebe, woran man bei dem Wort „Kraftbetriebe“ wohl in erster Linie denkt, und was man also mehr nach dem Untertitel erwartet, der von „Wirkungsweise und Verhalten beim Anlassen, Regeln und Bremsen“ spricht, sondern alle elektrische Maschinen einschl. der Stromerzeuger für Drehstrom und Gleichstrom, sogar die Unipolarmaschine. Leider wird sehr von mathematischen Formeln Gebrauch gemacht. Auch die graphischen Darstellungen sind zum Teil umständlicher als notwendig. Für die Hörer des Verfassers mag das Buch als Ergänzung zum Kolloquium oder als Ersatz für dieses gut geeignet sein; andere Leser werden sich nur schwer hineinfinden. Zu begrüßen sind die am Schluß angeführten Beispiele für die Berechnung von Antrieben (Kranhubwerk, Zuckerzentrifuge, Fördermaschine).  
Humburg

DK 621.396.1 (092)

**Aus meinem Archiv.** Probleme des Rundfunks. Von Hans Bredow. Mit 366 u. 32 S., Format 17×24 cm. Kurt Vowinkel Verlag, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 12,50.

Der Begründer und Organisator des deutschen Rundfunks stellt hier in Form von Geschichtsübersichten und -tafeln, Aufsätzen, Berichten über Sitzungen und Arbeitstagungen ein umfangreiches und sehr wertvolles Material aus den ersten 10 Entwicklungsjahren des neuen Kulturfaktors zusammen.

Der erste Teil ist dem Geschichtlichen gewidmet. Neben chronologisch geordneten Übersichten über die Entwicklung enthält dieser Abschnitt eine Reihe von Aufsätzen aus der Hand des Herausgebers und seiner damaligen Mitarbeiter. Es kommen auch 2 hervorragende Ingenieure zu Wort und zwar Dr. Harbich und Schäffer, die beide nicht mehr unter den Lebenden weilen. Der Referent möchte hier ergänzend bemerken, daß die ersten regelmäßigen Rundfunk-

übertragungen von Musik, Sprache und Gesang schon 1919 von der Lorenz-Versuchsstation Eberswalde mit Hilfe eines drosselgesteuerten Lichtbogengenerators und eines Kathodophons erfolgten. Diese Sendungen konnten in ganz Mitteleuropa und darüber hinaus gut empfangen werden.

Aus den folgenden Abschnitten sollen genannt werden: „Kultur, Kunst und funktionale Form“, dann „Programmarbeit und Stilform“, ferner „Klangmöglichkeiten im Rundfunk“, Beispiele für Programmsitzungen und Arbeitstagungen, Aussprachen mit Musikern, Intendanten und Dichtern, unter denen Ernst Har dt, Ludwig Fulda, Arnold Zweig, Herbert Eulenberg erwähnt sein sollen. Am Ende des Buches folgen, ohne Verantwortung des Herausgebers, Artikel aus der Industrie, die ebenfalls verschiedene interessante Daten aus der Entwicklung des Rundfunks enthalten.

Das Buch spricht weite Kreise an. Alle, die mit dem Rundfunk berufsmäßig zu tun haben, werden es mit Interesse lesen, denn, wie der Herausgeber mit Recht vermerkt, beschäftigen uns noch heute zum Teil die gleichen Fragen wie damals. Aber auch alle die, die den Rundfunkempfänger nicht nur als Haushaltsgegenstand und Ersatz für das Grammophon betrachten, sollen dieses Buch zur Hand nehmen. Für den Ingenieur ist es besonders reizvoll, an Hand des Werkes zu verfolgen, wie der Fluß der rein technischen Entwicklung eines neuen Organs in den großen allgemeinen Kulturstrom einmündet.  
L. Pungs

DK 621.396 (091)

**Ein Leben für den Funk.** Von Eugen Nesper. Mit 152 S., 36 B., Format 15×23 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis kart. DM 6.—.

Noch vor wenigen Jahrzehnten war der Rundfunkempfänger ein geheimnisvoller physikalischer Apparat. Wer in dieser Kinderzeit des Rundfunks das Wunder erlebte, daß man mit einem selbst zusammengebauten Gerät — sozusagen aus dem Nichts — Musik und Sprache empfangen konnte, für den ist der Name Eugen Nesper ein Begriff. Dieser heute einundsiebzigjährige Dr. Nesper schreibt die Geschichte seines Lebens. Weil er mit Leib und Seele Techniker ist, wird aus persönlichen Memoiren zum guten Teil eine Geschichte der deutschen Funktechnik. Der Verfasser konnte in seiner Jugend die ersten Versuche von Prof. Slaby miterleben und später mit Schloemilch, Graf Arco und anderen Pionieren der Funktechnik zusammenarbeiten. Er blieb auch bis in die letzten Jahre in enger Verbindung mit allem Geschehen in der „Drahtlosen“. Das Buch ist gut und unterhaltsam geschrieben und kann deshalb auch dem Nichtfachmann empfohlen werden.

Es wäre zu wünschen, daß Dr. Nesper über den Rahmen dieser seiner persönlichen — meist anekdotenhaften — Erinnerung hinaus ein weiteres Buch schreibt, das die Geschichte der Funktechnik in umfassender Form behandelt. Er wäre einer der Wenigen, die diese Aufgabe übernehmen könnten, ohne daß der Leser eine zu trockene und deshalb uninteressante Darstellungsart befürchten müßte.  
A. Nowak

DK 668.4 : 621.311 (023.3)

**Die energetischen Grundlagen der Kunststoff- und Gummiindustrie.** Von Dr. Maximilian Lang. Mit 209 S., 69 B., Format 14×20,5 cm. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle a. S. 1950. Preis geh. DM 12,20, geb. DM 13,90.

Der Verfasser behandelt in seiner Arbeit die Wärme- und Stromversorgung der Kunststoff- und Gummierzeugung. Diese Fertigungsgebiete erfordern verhältnismäßig große Energiemengen und sehr unterschiedliche Leistungen. Gute Gestaltung der Erzeugungs-, Speicher- und Verteilungsanlagen sowie beste Regelung und Überwachung der Energieverteilung haben großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Fabrikation. Die sieben Abschnitte des Buches enthalten Regeln für die Dampf- und Krafterzeugungsanlagen mit besonderer Betonung der Speisewasseraufbereitung, die für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb bedeutsamen Wärmespeicherverfahren, die Wärmeverteilung für Dampf- und Heißwasser, dann Darlegungen über den Gegendruck- und den Kondensationsbetrieb der Dampfkraftanlagen, die Erzielung hoher Temperaturen, die Luftabscheidung aus Dampf Luftgemischen, Druck- und Temperaturregelung, Verwertung des Abdampfes aus den zahlreichen Heizeinrichtungen sowie über die Regelung der Heizprozesse und deren Überwachung durch Meßgeräte für Druck, Temperatur, elektrische Arbeit und Durchflusssmengen.

Ein Anhang gibt einen kurzen Abriss der Berechnungsgrundlagen, einige durchgerechnete Beispiele und eine Gegenüberstellung der Zusammenhänge.

Die auf den Seiten 22 und 75 befürwortete Verlagerung der Lastspitzen in diesen Industriebetrieben auf die Stadt- und Überland-Kraftwerke ist technisch gut, aber sie kann als ein heißes Eisen bezeichnet werden, weil die Belange der beteiligten Stellen sehr schwer einwandfrei zu berücksichtigen sind. Diese wirtschaftlich schwierige Aufgabe wird nach volkswirtschaftlichen Überlegungen gelöst werden müssen. In der Abbildung 7b auf Seite 23 hat sich ein Druckfehler eingeschlichen. Der Druck in der Zwischendampfleitung ist nicht 60 sondern 6 atü. B. Kottenmeier

DK 669 (023.3)

**Grundlagen der Eisengewinnung.** Von Dr.-Ing. Robert Dur rer. Mit 210 S., 85 B., Format 16×23 cm. Verlag Franke AG., Bern 1947. Preis geb. DM 20,—.

Das Buch des bekannten Schweizer Fachgelehrten ist für eine erste Einführung in die Eisenhüttenkunde bestimmt. Demgemäß ist der Erörterung der physikalisch-chemischen Grundlagen ein verhältnismäßig breiter Raum gewidmet, wobei das Wesentliche der Vorgänge ungemein einprägsam dargestellt ist. Im Kapitel „Verhütten“ wird das in Schweden geübte Höganäs-, Kalling- und Wibergverfahren sowie die Reduktion mit Wasserstoff zur Gewinnung von festem Eisen, das Krupp-Rennverfahren zur Gewinnung von Luppeneisen, sowie Blashochofen, Elektroverhüttungs-Niederschacht-, Drehrohr- und Trommelofen zur Gewinnung von flüssigem Eisen ausführlicher besprochen. Im Kapitel „Frühen“ werden die Vorbehandlung im Roheisenmischer, das Glühfrischen zur Herstellung von weißem Temperguß und Edelschrott, das Frischherd-, Puddel-, Paketier- und Astonverfahren zur Schweißstahlerzeugung und das Wind- und Herdfrischen sowie das Elektrostahlverfahren zur Flußstahlerzeugung eingehender behandelt. Von neueren Verfahren sind das Perrin- und Duplexverfahren erwähnt. Kurze Abschnitte gelten geschichtlichen und wirtschaftlichen Betrachtungen. Die vom Üblichen abweichende Stoffeinteilung in die Hauptthemen „Verhütten und Frühen“ und die klare Sprache machen das Buch zur anregenden Lektüre. Es kann daher vor allem den Nichtspezialisten zur Belehrung nur empfohlen werden. Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich. A. Schwarz

DK 33 (084.3) : 355.01

**Kriegsfolgenkarte Westdeutschland 1939—1950.** Mit 5 Nebenkarten, Maßstab 1:500 000, Format 186×132 cm, sechsfarbig. Zahlennachweis mit 128 S. Verlagsbuchhandlung Karl-Otto Gassdorf, Frankfurt a. M. 1950. Preis 12,— DM.

Erstmalig werden hier zusammenfassend die wesentlichen wirtschaftlichen Einflüsse durch Zerstörungen, Bevölkerungsbewegungen, Demontagen als Auswirkungen des 2. Weltkriegs auf die Gebiete der Bundesrepublik dargestellt. Das Material wurde aus Angaben der Statistischen Landesämter, Bundes- und Länderministerien, der Deutschen Bundesbahn, der Kreis- und Gemeindebehörden sowie aus eigenen Ermittlungen gewonnen. Karte und Zahlenmaterial geben eine Übersicht der verbliebenen Substanz an Menschen, Wohnungen, Betrieben und Beschäftigten und der seit 1945 geleisteten Aufbauarbeit. Die zahlenmäßige Entwicklung der Bevölkerung und Betriebe und der Beschäftigten von 1938/39 zu 1949/50 wird in der Karte teils durch Zahlen, teils durch Trickfiguren gezeigt. Nebenkarten mit Demontagen und Maschinenentnahmen und zerstörten Großbrücken im Wiederaufbau — Stand 1950 — bringen weitere Aufschlüsse. Der beigegebene Zahlennachweis von 1938/39 über 1945/46 zu 1949/50 unterrichtet über Bevölkerungsbewegung, Zahl der Betriebe, Beschäftigte, Haushalte, Flüchtlinge und Arbeitslose.

Unzweifelhaft wird der politisch und wirtschaftlich interessierte Nutzen aus dieser Zusammenstellung ziehen können. Die Darstellung der „Bilanz“ für alle deutschen Gebiete bleibt einem späteren Zeitpunkt vorbehalten.

I. Poscich

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Comptes rendus de recherches.** Travaux de la commission d'étude des fondations de pylones de la société intercommunale Belge d'électricité. Ausgabe 4, August 1950. Hrsg. Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture. Mit 278 S., zahlr. B. u. Taf., Format 17×24 cm. Bezug durch „Arbeitsgem. d. techn.-wiss. Bibliotheken“, Essen, Friedrichstr. 2.

[Das Buch enthält 18 Aufsätze in flämischer oder französischer Sprache über bodenkundliche Fragen Belgiens, darunter auch einen über die röntgenographische Mineralienbestimmung.] R

**Technik und Recht.** Zeitschrift für das Recht der Wirtschaft, des Verkehrs und der Technik. Hrsg. Fr. List, Fr. Giese und Th. Maunz. Bd. I mit 216 S., Format DIN A 5. L. C. Wittich Verlag, Darmstadt 1950. Preis je Band Glw. 9,— DM.

**Die mechanisch-technologischen Prüfverfahren und ihre Anwendung.** Von K. Schönert und R. Eschelbach (Praktische Metallprüfung, Bd. 1). Mit 274 S., 206 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 24,— DM. Glw. 28,— DM.

**Handbuch des Batterie- und Elementebaues.** Von R. Ziegenberg. Lieferungen 1... 3 von insges. etwa 8. Je etwa 50 S., als Manuskript gedruckt im Format DIN A 4. Selbstverlag des Verfassers, Neumünster. Bahnhofstr. 19, 1949. Preis des Gesamtwerkes 250,— DM.

**Aluminium-Taschenbuch.** Hrsg. Aluminium-Zentrale e. V. 10. Aufl. Mit 18 u. 630 S., 900 B., 130 Taf., Format 12×18 cm. Verlag der Aluminiumzentrale e. V., Düsseldorf 1951. Preis Glw. 12,60 DM.

**Konstruktion elektrischer Maschinen.** Von C. v. Dobbeler (Leitfaden der Elektrotechnik, Bd. III. Hrsg. Moeller-Werr). Mit 178 S., 732 B., Format 16×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950. Preis Hlw. 12,— DM.

**Cours de calcul matriciel.** Von M. Denis-Papin u. A. Kaufmann. Mit 304 S., zahlr. B. u. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Albin Michel, Paris 1951. Preis geh. 1600 ffrs.

**La pratique industrielle des transformateurs.** Von M. Denis-Papin. Mit 199 S., 152 B., zahlr. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Albin Michel, Paris 1951. Preis geh. 640 ffrs.

**Der kleine Brockhaus.** Bd. I und II. Mit je 700 S., zahlr. B. u. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Eberhard Brockhaus, Wiesbaden 1950. Preis je Band 33,— DM.

**Handbuch für Maschinenarbeiter.** Von Dr.-Ing. Siegfried Werth. 2., erw. Aufl. Mit 130 u. VI S., 117 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis kart. 6,60 DM.

**Jahrbuch der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen.** 3. Jahrg., 1950. Mit 394 S., zahlr. B. u. Taf., Format DIN A 4. Verlag W. Girardet, Essen 1950.

**Mathematical Engineering Analysis.** Von R. Oldenburger. Mit 426 S., 220 B., Format 16×24 cm. The Macmillan Company, New York 1950. Preis Glw. 6,— US \$.

**40 Jahre Seelunk. 1911—1951.** Hrsg. DEBEG, Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie. Mit 8 S., Format DIN A 4. Berlin 1951.

## Berichtigungen

Im Aufsatz „Der neue frequenzmodulierte 10 kW-UKW-Rundfunksender des NWDR in Hamburg“, H. 24 der ETZ 71 (1950) muß auf S. 676 in Bild 4 das Erdungszeichen an der Kathodenlinie wegfallen. Die Kathode ist erdfrei, denn das Bild stellt eine Gitterbasisschaltung dar.

Im Aufsatz „Steuern und Regeln von Gleichstrommotoren mit Thyatronen“ muß auf S. 37 der ETZ ds. Js., H. 2, im 2. Absatz der linken Spalte in der 4. Zeile „Gleichspannung U“ in „Ankerspannungsabfall U—E“ geändert werden.

In dem Verzeichnis „Vertreter der Elektrotechnik an den Deutschen Technischen Hochschulen“, ETZ 72 (1951) H. 3, ist auf S. 84 rechts, T. H. Stuttgart (Zeile 15), ein Druckfehler stehen geblieben. Es muß heißen: Elsner, Richard, Doz. Dr.-Ing. (nicht Eisner).

An der T. U. Berlin lesen noch die folgenden Herren für andere Abteilungen:

Riepe, Max, Prof. Dipl.-Ing.: Grundzüge der Elektrotechnik.

Dieckmann, Günter, Lehrbeauftragter Dr.-Ing.: Elektrotechnik für Bauingenieure.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. H. Anschütz, Mülhausen/Thür., Lutteroth Str. 23.  
Prof. Dr.-Ing. Volker Aschoff, Inst. f. elektr. Nachrichtentechnik der T. H. Aachen.

Dir. Herbert Frank, Klöckner-Moeller GmbH, Bonn.  
Dir. G. A. Greff, Süddeutsche Kabelwerke, Mannheim, Waldhofstr. 29.  
Prof. Dr.-Ing. Har. Müller, Essen-Haarzopf, Beckmannstr. 8.

Prof. Dr. Leo Kirste, Dokumentationszentrum der Technik, Wien IV, Karlsplatz 13.  
Dipl.-Ing. F. Simons, Süddeutsche Kabelwerke, Mannheim, Waldhofstraße 244.

Dr.-Ing. Erich Schulte, Berlin-Lichterfelde-West, Baseler Straße 79.  
D. Koch, Wuppertaler Stadtwerke, Wuppertal-Barmen.

Abschluß des Heftes: 17. Februar 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler (für den Inhalt verantwortlich) und K. A. Eger. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377 08.

Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 937 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18 — halbj. zuzügl. Zustellgebühr).

Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. März 1951

Heft 6

## Näherungsverfahren zur Ermittlung der Zugspannungen gekoppelter Leitersysteme\*

(Mitteilung aus dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem)

Von R. Schwaben, Berlin

DK 621.315.145.001.2

**Übersicht.** Es wird ein rechnerisches Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe sich die Spannungsverhältnisse zweier horizontal verlegter, übereinanderliegender Seile ungleicher Längung klären lassen, die durch Abstandhalter miteinander verbunden werden.

Mit der allgemein gehaltenen, theoretischen Untersuchung der gegenseitigen mechanisch-statischen Wechselbeziehungen eines unterteilten Mehrfeldersystems ist das Kernproblem der Bündelleiter umrissen, die in mannigfachen Ausführungsformen den heutigen Entwicklungsstand im Bau von Höchstspannungs-Freileitungen maßgeblich bestimmen. Um der praktischen Anwendbarkeit willen sind zwar besondere Voraussetzungen bei der Aufgabenstellung und Lösung zu machen, trotzdem wird aber die Lösung verhältnismäßig einfach und übersichtlich; wenn sie auch nicht quantitativ restlos befriedigt, gibt sie doch die Lage- und Spannungsverhältnisse am System einigermaßen richtig wieder.

### Bezeichnungen

Felderzahl
horizontale, schiefe Spannweite eines Feldes
gesamte Spannweite
Feldneigung
charakteristische Beizahlen des Mehrfeldersystems
Länge des spannungslosen Seiles
Bogenlänge im ausgespannten Zustand
gesamte Seillänge im Kopplungsfall
Durchhänge des oberen, unteren Seiles vor der Kopplung
Durchhang des angehängten Seiles unter dem tiefsten Stützpunkt
Durchhang (in Mitte Feldweite)
Lagekoordinate des maximalen Durchhangs
Neigungswinkel der Tangente an die Seilkurve
Verhältnis der Zugspannungen im ungekoppelten, gekoppelten Zustand
Längskräfte in den Haltern
tragender Seilquerschnitt
spezifisches Leitergewicht
Seilgewicht je Längeneinheit
Seilgewichte
Zugspannung im Scheitel der Seilkurve
Horizontalzug (Kleinstwert)
Elastizitätsmodul des Seilwerkstoffes (= konst.)
elastische Dehnungszahl
Wärmedehnzahl
Seiltemperatur bei der Spannung $\sigma$

### Grundgleichungen für den Kopplungsfall

Zwei vollkommen gleichartige Seile von den Längen  $l_1$  und  $l_2$  und den Gewichten  $G_1, G_2 > G_1$  seien in gleich hohen, Abstand  $A$  von einander entfernten, unnachgiebig gedachten Auf-

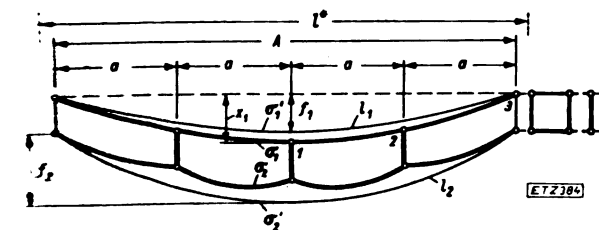


Bild 1. Schema einer Bündelleitung.

\* Auszug aus einer Arbeit des gleichen Verfassers: „Das mechanische Verhalten von Bündelleitern“ (Ein Beitrag zur Seilberechnung Drehstrom-Freileitungen). Sonderdruck der Studiengesellschaft für Hochspannungsanlagen anlässlich der 22. Tagung am 22. 6. 1950 in Berlin.

hängepunkten befestigt (Bild 1). Ihre Durchhänge im ungekoppelten Zustand sind  $f_1$  und  $f_2$ . Nach Bündelung der Seile durch symmetrisch zur Feldmitte eingefügte Abstandhalter spielt sich — bei gleichmäßig über die einzelnen Spannfelder angenommener Belastung — ein bestimmter Gleichgewichtszustand ein.

Zur Berechnung der Belastungsverhältnisse genügt es — bei der technisch zulässigen Annäherung parabolischer Durchhanglinien und Beachtung ihrer geometrischen Eigenschaften — entweder das Kräftespiel in den einzelnen, für sich im „freien“ Gleichgewicht befindlichen Strängen des Trag- und des angehängten Seiles oder das im Gesamtsystem zu verfolgen. Die Gleichgewichtsbetrachtungen führen unter Beschränkung auf gleich große Bogenlängen  $a$  in jedem Teilfeld auf elementare Momentengleichungen.

So lautet z. B. die Momentengleichung für die Aufhängestelle 3 des herausgeschnitten gedachten Trageilstückes 1-3 unter der Einwirkung der Kräfte  $H_1, G_1, X_1, X_2 \dots$

$$H_1 x_1 = G_1 n a/4 + X_1 n a/2 + X_2 (n-1) a + \dots \quad (1a)$$

$$\text{die dazu analoge Beziehung für die untere Leitung}$$

$$H_2 x_1 = G_2 n a/4 - X_1 n a/2 - X_2 (n-1) a - \dots \quad (1b)$$

Durch Addition beider Gleichungen folgt

$$x_1 (H_1 + H_2) = n a (G_1 + G_2)/4. \quad (1)$$

Wird nun gesetzt

$$G_1 + G_2 = \zeta_0 A g, H_2 = \kappa H_1, g = q \gamma, \quad (2)$$

so kommt man mit Rücksicht auf einen geometrischen Zusammenhang zwischen Durchhang  $x_1$  und der Feldneigung  $\delta_1$ ,

$$\text{tg } \delta_1 = x_1/n^2 a = x_1/n A, \quad (2a)$$

zur ersten Grundgleichung

$$4 n \text{tg } \delta_1 (\sigma_1 + \sigma_2) = \zeta_0 A \gamma \quad (1)$$

mit den 3 Unbekannten  $\sigma_1, \sigma_2$  und  $\delta_1$ . Diese Beziehung gilt ganz unabhängig von der Temperatur in irgend einem Dehnungswiderstand des Kopplungssystems. Zur Festlegung der noch fehlenden 2 Gleichungen, die zusammen mit Gl. (1) den Spannungszustand der Bündelleitung beschreiben, muß noch auf einige als bekannt vorauszusetzende Beziehungen zurückgegriffen werden. Zwischen der wirklichen Bogenlänge des Einzelseiles

$$l = A \left[ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{f}{A} \right)^2 \right] = A \left[ 1 + \frac{1}{24} \left( \frac{A \gamma}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (3)$$

und jener im spannungslosen Zustand ( $l^*$ ) besteht der einfache Zusammenhang

$$l = l^* (1 + \alpha \sigma). \quad (4)$$

Ferner ist noch

$$f = \frac{A^2 \gamma}{8 \sigma}. \quad (5)$$

Zu einer dieser Formeln analogen für geneigte Spannfelder kommt man mit der Momentengleichung für den Pol 1 (Bild 2). Mit  $a = s \cos \delta$  wird

$$H f = (g s/2) (s/4) \cos \delta, \quad f/s = a \gamma/8 \sigma. \quad (5a)$$

Da  $\delta$  sehr klein ist, also  $s = a/\cos \delta \approx a (1 + 1/2 \text{tg}^2 \delta)$ ,

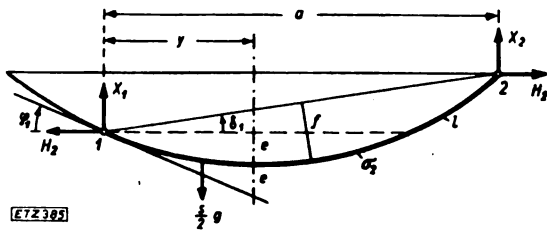


Bild 2. Seil im geneigten Spannungsfeld.

erhält man entsprechend der Gl. (3) für das Leiterstück 1-2 ganz allgemein

$$l = a \left( 1 + \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \delta \right) \cdot \left( 1 + \frac{a^2 \gamma^2}{24 \sigma^2} \right)$$

oder mit Vernachlässigung der mit  $1/\sigma^4$  behafteten Glieder

$$l = a \left\{ 1 + \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \delta + \frac{a^2 \gamma^2}{24 \sigma^2} \right\}. \quad (6)$$

Die aus  $2n$  Seilstücken bestehende Gesamtlänge ergibt sich demnach zu

$$L = \frac{A}{n} \left\{ n + \frac{1}{2} \sum \operatorname{tg}^2 \delta_n + \frac{n}{96} \left( \frac{A}{n} \right)^2 \left( \frac{\gamma}{\sigma} \right)^2 \right\} \quad \text{oder}$$

$$L = A \left\{ 1 + \zeta_1 \operatorname{tg}^2 \delta_1 + \zeta_2 \left( \frac{A \gamma}{\sigma} \right)^2 \right\}. \quad (7)$$

Die in diesem Ausdruck vorkommenden Zahlenfaktoren

$$\zeta_1 = \frac{\sum \operatorname{tg}^2 \delta_n}{2n \operatorname{tg}^2 \delta_1} \quad \text{und} \quad \zeta_2 = \frac{1}{96 n^2} \quad (7a, b)$$

sind für verschiedene Werte von  $n$  tabelliert.

Zwischen den einzelnen Seillängen müssen weiterhin gelten

$L_1 - L'_1 \approx a (\sigma_1 - \sigma'_1) A$ ,  $L_2 - L'_2 \approx a (\sigma_2 - \sigma'_2) A$ , wobei sich die mit ' gekennzeichneten Größen auf den Zustand vor Kopplung beziehen. In Anlehnung an die Gleichungen (3) und (7) erhält man dann nachstehende Ausdrücke:

$$1 \sigma_1^* = k a \sigma_1 + k_1^*, \quad 1 \sigma_2^* = k a \sigma_2 + k_2^*. \quad (II), (III)$$

Darin bedeuten

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{1}{\zeta_2 (A \gamma)^2} \\ k_1^* &= k \left\{ \frac{1}{24} \left( \frac{A \gamma}{\sigma_1} \right)^2 - a \sigma'_1 - \zeta_1 \operatorname{tg}^2 \delta_1 \right\} \\ k_2^* &= k \left\{ \frac{1}{24} \left( \frac{A \gamma}{\sigma_2} \right)^2 - a \sigma'_2 - \zeta_1 \operatorname{tg}^2 \delta_1 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

**Lösungsmethoden**

Zur Lösung des aus (I), (II) und (III) gebildeten Gleichungssystems wird für vollkommen starre Seile ( $a = 0$ ) mit geeigneten Hilfsgrößen mit den Variablen  $u$  und  $v$  gemäß

$$\sin^2 u = 24 \zeta_1 \left( \frac{\sigma'_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\gamma A} \right)^2, \quad \sin^2 v = 24 \zeta_1 \left( \frac{\sigma'_2 \operatorname{tg} \delta_1}{\gamma A} \right)^2 \quad (9a, b)$$

$$\text{einmal} \quad \frac{\sin v}{\sin u} = \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} = z', \quad (10)$$

zum anderen aber auch

$$\sigma_1 = \frac{\sigma'_1 \sqrt{24 \zeta_2}}{\cos u} > \sigma'_1, \quad \sigma_2 = \frac{\sigma'_2 \sqrt{24 \zeta_2}}{\cos v} < \sigma'_2. \quad (11a, b)$$

Damit wird unter Verwendung von Gl. (9a, b) das Spannungsverhältnis  $\sigma_2/\sigma_1$

$$z = \frac{\operatorname{tg} v}{\operatorname{tg} u} < z'. \quad (12)$$

Die Gl. (I) läßt sich dann mit den Beziehungen (11a, b) und (9a, b) auch so schreiben

$$\operatorname{tg} u + \operatorname{tg} v = \zeta_0 z_0. \quad (13)$$

wenn gesetzt wird

$$z_0 = \frac{1}{4n} \sqrt{\frac{\zeta_1}{\zeta_2}}. \quad (13a)$$

Mit der Auflösung der goniometrischen Endgleichungen (10) und (13) sowie den Gl. (11a, b) sind dann die im Bündel leitersystem herrschenden Zugspannungen eigentlich bestimmt.

Noch bequemer gestaltet sich die Rechnung, wenn man das Gleichungssystem (I), (II), (III) auf eine Funktion mit der einzigen Veränderlichen  $x$  zurückführt. Die Gl. (12), (13) und (13a) ergeben zunächst

$$(1 + x) \operatorname{tg} u = \zeta_0 z_0; \quad (14)$$

drückt man nunmehr Gl. (10) durch  $\operatorname{tg} u$  und  $x$  aus, also

$$x^2 (1 + x^2 \operatorname{tg}^2 u) = x^2 (1 + \operatorname{tg}^2 u),$$

so resultiert durch Zusammenfassung dieser Beziehung mit Gl. (14) nach zweckmäßiger Umformung

$$\left( \frac{1+x}{z} \right)^2 \left\{ 1 - \left( \frac{z}{z'} \right)^2 \right\} = (\zeta_0 z_0)^2 \left\{ \left( \frac{1}{z'} \right)^2 - 1 \right\},$$

oder ausgeführt

$$F(x) = x^4 + 2x^3 + (1 - x^2) [1 + (\zeta_0 z_0)^2] x^2 - 2x^2 z - x^2 = 0. \quad (15)$$

Eine nähere Untersuchung dieser Funktion, auf die hier nicht eingegangen werden soll, zeigt, daß man innerhalb der technisch möglichen Grenzen von  $x'$  mit der Wurzel

$$z_1 \approx \frac{1}{\zeta_0 z_0 \sqrt{\left( \frac{f_2}{z_1 f_1} \right)^2 - 1 - 1}} \quad (16a)$$

für grobe Annäherungsrechnung auskommt.

Eine einzige Verbesserung (etwa nach der Newtonschen Näherungsformel)

$$z_2 = z_1 - \frac{F(z_1)}{F'(z_1)} \quad (16b)$$

genügt dann in den weitaus meisten Fällen für die Bedürfnisse der Praxis. Der Beiwert

$$z_1 \approx 1,01 \sqrt{\frac{3 \zeta_1}{2 n^2}} \quad (17)$$

ist in Tafel 1 enthalten.

Tafel 1. Beiwerte.

Haltezahl	$n$	Gl. (7a)	Gl. (7b)	$z_0$ Gl. (13a)	$z_1$ Gl. (17)
1	1	1,2	1,96	1,732	0,875
3	2	5,2	1,384	3,873	0,978
5	3	35,6	1,864	5,916	0,996
7	4	21,2	1,1536	7,935	1,002

Mit Gl. (14) folgt aus Gl. (11a) für die Beanspruchung des „belasteten“ Trageiles

$$\sigma_1 = \sigma'_1 \sqrt{24 \zeta_2 \left\{ 1 + \left( \frac{\zeta_0 z_0}{1+x} \right)^2 \right\}}. \quad (18)$$

Die auf diese Weise bestimmte Seilspannung ist im allgemeinen, wie man leicht nachprüfen kann, vom exakten Wert für das elastische Seil um rd. 2 bis höchstens 3% unterschieden; diese Genauigkeit darf in Anbetracht der rechnerischen Schwierigkeiten bei der strengen Lösung des Problems als noch ausreichend bezeichnet werden.

**Durchhänge und Haltekräfte**

Der Durchhang  $x_1$  in Feldmitte (Bild 1) ermittelt sich aus Gl. (1) zu

$$x_1 = \frac{A(G_1 + G_2)}{8q(\sigma_1 + \sigma_2)} = \frac{\zeta_0 A^2 \gamma}{8(1+x)\sigma_1} \quad (19)$$

Der durch die Koordinaten  $y > 0$  und  $e$  gegebene Ort des maximalen Durchhanges der unteren Leitung, welcher für den Entwurf der Aufbaugerüste wichtig ist, kann auf folgende Art gefunden werden:



Aus Bild 2 folgt unmittelbar ähnlich Gl. (1)

$$e = \frac{(2\gamma)^2 \gamma}{8 \sigma_2}; \quad (20a)$$

ferner wird nach der bekannten Konstruktion der Parabeltangente im Berührungspunkte 1 (e, \gamma) auch

$$2e = \gamma \operatorname{tg} \varphi_1. \quad (20b)$$

Eliminiert man nun e, so wird

$$\gamma = \frac{\sigma_2}{\gamma} \operatorname{tg} \varphi_1. \quad (21)$$

Die Größe der Halterkraft  $X_1$ , die dem Seilstück 1-2 vom Gewichte  $G_2/2n$  in der Lage  $\delta_1$  das Gleichgewicht hält, ergibt sich aus der Momentengleichung in bezug auf den Pol 2:

$$X_1 a + H_2 a \operatorname{tg} \delta_1 = G_2 a/4n.$$

Wegen  $\operatorname{tg} \varphi_1 = X_1/H_2$  wird daher

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = G_2/4n H_2 - \operatorname{tg} \delta_1; \quad (22)$$

nach Vereinigung der Gl. (21) und (22) ergibt sich mit Gl. (2a) schließlich

$$\gamma = \frac{1}{n} \left\{ \frac{l_2^*}{4} - \frac{2 \alpha \sigma_1 x_1}{\gamma A} \right\} = \frac{l_2^* - l_1^* z}{4n(1+z)}. \quad (23)$$

Eine weitere Betrachtung des zwischen den Punkten 1 und 2 liegenden Stranges der Tragleitung (Bild 1) führt in einfachster Art auf die Größe der in den Abstandhaltern wirksamen Längskräfte. Die Höhenlagen  $x_{i+1}$  dieser Verbindungspunkte liegen auch im Kopplungsfall auf einer Parabel und befolgen damit das Gesetz

$$x_{i+1} = x_i [1 - (i/n)^2], \quad i+1 = 1 \rightarrow n.$$

Für den Momentenpol 2 besteht die Gleichgewichtsbedingung

$$H_1 \{ x_1 - x_2 \} = X_1 a/2 + G_1 a/4n; \\ x_2 = x_1 [1 - (1/n)^2].$$

Man gelangt dann unter Benutzung von Gl. (19) nach einigen Umformungen zu

$$X = \frac{G_2 - \alpha G_1}{2n(1+z)} = 2g\gamma. \quad (24)$$

Dabei ist angenähert  $X_1 = X_2 = \dots X_n = X$ .

Mit Hilfe der vorstehend abgeleiteten allgemeinen Beziehungen, die sich also für die praktische Rechnung — zusammen mit der Zahlentafel — nur auf 7 Endformeln [Gl. (15), (16a, b), (18), (19), (23), (20a), (24)] beschränken, sind sämtliche für die Projektierung oder Nachrechnung einer Bündelleitung bedeutsamen Anhaltswerte ermittelbar.

### Zustandsgleichungen der Einzelleiter

Ergänzend sei noch auf die im Schrifttum als „Zustandsgleichung“ bezeichnete Beziehung hingewiesen, welche entgegen den meist üblichen graphischen Methoden auf approximative Art gelöst werden soll. Die infolge veränderlicher Zusatzbelastung sich ergebende Zustandsänderung des gespannten, aber noch unbelasteten Tragseiles lautet bekanntlich für die zusammengehörigen Größen ( $L'_{10}$ ,  $\sigma'_{10}$ ,  $t_0$ ) und ( $L'_1$ ,  $\sigma'_1$ ,  $t$ )

$$L'_1 - L'_{10} = \left\{ (\sigma'_1 - \sigma'_{10}) \alpha + \beta (t - t_0) \right\} A,$$

wobei an die Änderung der Temperatur und der Zugspannung keinerlei Bedingung geknüpft ist. Für das untere Seil gilt das gleiche. Der Ausgangszustand ist durch die Größtwerte  $\sigma_{10}$  und  $\gamma_0$  bei der Temperatur  $t_0$  gekennzeichnet. Wenn für  $L'_1$  und  $L'_{10}$  bzw.  $L'_2$  und  $L'_{20}$  die entsprechenden Ausdrücke nach Gl. (2) eingeführt werden, so erhält man die den Gl. (II, III) formal entsprechenden „Zustandsgleichungen“ der Einzelleiter

$$1. \sigma_1'^2 = k' \alpha \sigma'_1 + k_1, \quad 1. \sigma_2'^2 = k'' \alpha \sigma'_2 + k_2. \quad (25a, b)$$

Es bedeuten

$$k' = \frac{24}{\gamma^2 A^2} = k''$$

$$k_1 = \frac{1}{\sigma_{10}'} (\gamma_0 \gamma)^2 - k' (\alpha \sigma_{10}' - \beta \Delta t) = (c_{10} + t) k' \beta$$

$$k_2 = \frac{1}{\sigma_{20}'} (\gamma_0 \gamma)^2 - k'' (\alpha \sigma_{20}' - \beta \Delta t) = (c_{20} + t) k' \beta \quad (26)$$

$$c_{10} = \frac{A^2 \gamma_0'^2}{24 \beta \sigma_{10}'^2} - \frac{\alpha \sigma_{10}'}{\beta} - t_0$$

$$c_{20} = \frac{A^2 \gamma_0'^2}{24 \beta \sigma_{20}'^2} - \frac{\alpha \sigma_{20}'}{\beta} - t_0.$$

Das ungefähre Verhältnis der Zugspannungen ist dann gegeben durch

$$z' = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} = \sqrt{\frac{c_{10} + t}{c_{20} + t}}. \quad (27)$$

Für irgendeinen Ausgangszustand sind  $c_{10}$  und  $c_{20}$  bestimmte Festwerte. Die Spannungsgrößen  $\sigma'_{10}$  und  $\sigma'_{20}$  in Gl. (26) können willkürlich festgesetzt werden.

### Näherungslösung der Zustandsgleichung

Zur Bestimmung der Wurzeln der kubischen Gleichungen (25a, b) soll ein einfacher Weg besprochen werden. Wegen der Kleinheit von  $k'\alpha$  ist die obere Schranke für  $\sigma_1$  gegeben durch  $\sigma_1^2 < 1/k_1$ . Wird nun die untere Grenze zu etwa  $\sigma_1 > 0,9/\sqrt{k_1}$  geschätzt, so läßt sich — wie aus Bild 3 ersichtlich — die

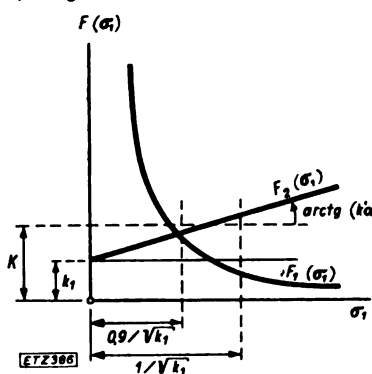


Bild 3. Zur Näherungslösung der Zustandsgleichung.

Gerade  $F_2(\sigma_1) = k' \alpha \sigma_1 + k_1$  in diesem Grenzbereich in guter Näherung durch eine zur  $\sigma_1$ -Achse parallele Gerade im Abstand  $K$  ersetzen. Es müssen somit, wenn man schreibt  $F_2(\sigma_1) - K = \Phi(\sigma_1)$ , nach der „Methode der kleinsten Quadrate“

$$f \Phi^2(\sigma_1) = \operatorname{Min.}, \\ \int [k' \alpha \sigma_1 + k_1 - K] \cdot \frac{\delta \Phi}{\delta K} d\sigma_1 = 0$$

werden. Führt man diese Integration in den erwähnten Grenzen durch, so ergibt sich beispielsweise für die Spannung im nichtgeköpften Tragseil

$$\frac{1}{\sigma_1'^2} = \frac{k' \alpha}{k_1} + k_1, \quad (28a)$$

oder

$$\sigma_1' = \frac{1}{\sqrt{k_1}} \left( 1 - \frac{k' \alpha}{2 k_1 \sqrt{k_1}} \right). \quad (28b)$$

Die entsprechende Gleichung für das untere Seil folgt durch Vertauschen der Zeiger 1 mit 2.

### Anwendung

Grundlegend ist meist nur die Frage nach der Beanspruchung im Tragseil bei einer beliebigen Temperatur  $t$  und Belastung  $\gamma$ , wobei zunächst die Ausgangsgrößen  $\sigma'_{10}$ ,  $\sigma'_{20}$ ,  $\sigma_{10}$ ,  $\gamma_0$ ,  $t_0$  festzulegen sind. Hierauf hat man aus den Zustandsgleichungen die jeweiligen Durchhänge  $t$  oder  $\sigma'$  zu bestimmen, um sich über alle weiteren Berechnungsgrößen bei derselben Temperatur Gewißheit zu verschaffen. Für die Lei-

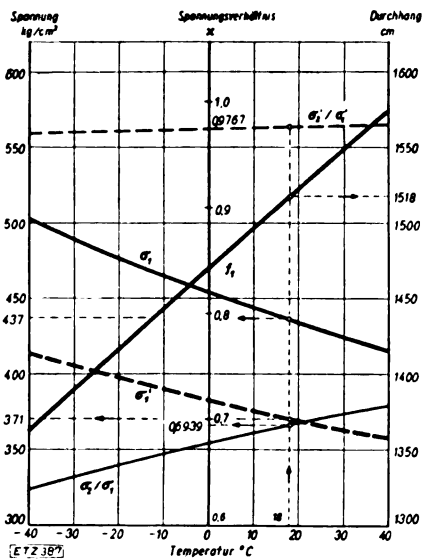


Bild 4. Kurventafel für 400 kV-Bündelleitung (Montagekurven).

tungsverlegung interessiert hauptsächlich der Fall reiner Eigengewichtsbelastung. Dazu diene ein Schaubild (Bild 4), in welchem die errechneten Größen  $f_1$  und  $\kappa' = \sigma_2'/\sigma_1'$  in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt sind. Erst danach lassen sich die funktionalen Zusammenhänge  $\sigma_1(t)$  und  $\kappa(t)$  bestimmen.

Zur Erläuterung des Berechnungsvorganges werde folgendes Beispiel gewählt: Eine 400 kV-Drehstrom-Freileitung von 350 m Spannweite bei quadratischer Anordnung der Bündelleiter und 3 Abstandhaltern (von 400 mm Länge) sei zu projektieren. Gegeben sind: Gesamtquerschnitt des Stahl-Aluminiumseiles 296,1 mm<sup>2</sup>, Eigengewicht 3,68 g/cm<sup>3</sup>, Seilgewicht 1090 kg/km, ferner der Maximal- und Ausgangswert 6,81 g/cm<sup>3</sup>, d. i. Eigengewicht + Vereisung zusätzlich Windbelastung (10 m/s Geschwindigkeit) bei einer Temperatur von  $t_0 = -5^\circ\text{C}$  und einer größten Zugspannung des „belasteten“ Trageiles von 800 kg/cm<sup>2</sup>.

Die Werkstoffkonstanten sind:  $E = 0,89 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ; Wärmedehnzahl  $18,3 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ .

Damit ergibt die Vorausberechnung für die Einfachseile bei angenommenen Ausgangswerten  $\sigma'_{10} = 695 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma'_{20} = 681 \text{ kg/cm}^2$  und einer Temperatur von  $0^\circ\text{C}$  gemäß Gl. (26)

$$c_{10} = 230,1^\circ\text{C}, \quad c_{20} = 242,1^\circ\text{C};$$

$$k' = 0,001447 \text{ cm}^4/\text{kg}^2, \quad k_1 = 6,092 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^4/\text{kg}^2.$$

Nach Gl. (27) erhält man  $\kappa' = 0,9749$ ; nach Gl. (28b) ergibt

$$\text{sich } \sigma'_1 = 383,3 \text{ kg/cm}^2 \text{ und } \sigma'_2 = 0,9749 \cdot 383,3 = 373,7 \text{ kg/cm}^2.$$

Schließlich wird nach Gln. (3), (2):  $l'_1 = 351,49 \text{ m}$ ,  $l'_2 =$

$$351,68 \text{ m. Gemäß Gl. (2) ist } \zeta_0 = 2,009;$$

$$G_1 = 351,49 \cdot 1,09 = 383,12 \text{ kg}$$

$$G_2 = 351,68 \cdot 1,09 = 383,33 \text{ kg.}$$

$$\text{Gl. (1): } f_1 = 1470 \text{ cm; } f_2 = 1470 \cdot 0,9749 = 1508 \text{ cm.}$$

Mit diesen Werten und den aus der Zahlentafel genommenen Größen

$$n = 2, \zeta_2 = \frac{1}{3,84}, z_0 = 3,873 \text{ und } z_1 = 0,978 \text{ wird nach (15)}$$

$$F(\kappa) = \kappa^4 + 2\kappa^3 + 3,065\kappa^2 - 1,9004\kappa - 0,9502 = 0$$

$$F'(\kappa) = 4\kappa^3 + 6\kappa^2 + 6,130\kappa - 1,9004, \text{ also nach (16a)}$$

$$\kappa_1 = \frac{1}{2,009 \cdot 3,873} \sqrt{\left(\frac{1,9004}{0,978 \cdot 1470}\right)^2 - 1 - 1} = 0,6835$$

und nach (15)

$$F(\kappa_1) = 0,2183 + 0,6387 + 1,4319 - 1,2991 - 0,9502$$

$$F(\kappa_1) = 0,0396$$

$$F'(\kappa_1) = 1,2775 + 2,8033 + 4,1901 - 1,9004 = 6,3705.$$

Das Korrekturglied ist  $-\frac{0,0396}{6,3705} = -0,0062$ , somit der nach (16b) verbesserte Wert  $\kappa_2 = 0,6835 - 0,0062 = 0,6773$ , also  $F(\kappa_2) = 0,2104 + 0,6214 + 1,4059 - 1,2872 - 0,9502 = 0,0003$ . Mit diesem hochgenäherten Wert von  $\kappa = 0,6773$  werden die Zugspannungen gemäß Gl. (18)

$$\sigma_1 = 383,3 \cdot \sqrt{\frac{24}{384} \left[ 1 + \left( \frac{2,009 \cdot 3,873}{1,6773} \right)^2 \right]} = 455 \text{ kg/cm}^2$$

und  $\sigma_2 = 0,6773 \cdot 455 = 308 \text{ kg/cm}^2$ ;

der Durchhang in Feldmitte ist nach Gl. (19)

$$\kappa_1 = \frac{2,009 \cdot 35^2 \cdot 10^6 \cdot 3,68 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 1,6773 \cdot 455} = 1484 \text{ cm.}$$

Für die Stelle des größten Durchhangs ist nach

$$\text{Gl. (23): } y = \frac{35168 - 35149 \cdot 0,6773}{8 \cdot 1,6773} = 847 \text{ cm.}$$

$$\text{Gl. (20a): } e = \frac{847^2 \cdot 3,68 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 308} = 4,3 \text{ cm.}$$

Das Trageil senkt sich nach Aufhängen der unteren Leitung um

$$1484 - 1470 = 14 \text{ cm.}$$

Die Zugkraft in den Haltern ist nach Gl. (24)

$$X = 2 \cdot 1,09 \cdot 8,47 = 18,5 \text{ kg.}$$

Damit werden die Vertikalkomponente sowie der Horizontalzug an den Aufhängestellen der Tragleitung ungefähr

$$(G_1 + 3X)/2 = 219 \text{ kg und } H_1 = 2,961 \cdot 455 = 1347 \text{ kg.}$$

Da sich jedoch die Spannung gegen die Befestigungsstellen zu um etwa  $\gamma \kappa_1$ , d. s. rd. 6 kg/cm<sup>2</sup> vergrößert, ist genauer

$$H_1 \approx 2,961 \cdot 461 \approx 1365 \text{ kg}$$

und daher die resultierende Seilkraft

$$S_1 = \sqrt{1365^2 + 219^2} \approx 1382 \text{ kg.}$$

Auf diese Weise kann unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse und beliebiger Montagetemperatur der Gesamtseilzug vorausberechnet werden.

### Zusammenfassung

Mit der Bestimmung der zu erwartenden größten Zugkraft der zusätzlich „belasteten“ Tragleitung ist bereits eine gewisse Sicherheit gewährleistet. Es zeigt sich, daß schon ein ganz geringer Unterschied in den Längen der noch ungebündelten Leiterseile eine merkliche Mehrbeanspruchung der Aufhängevorrichtungen für die tragende Leitung zur Folge hat. Der Temperatureinfluß auf die Größe der an den Abstandhaltern auftretenden Längskräfte ist praktisch bedeutungslos.

Die hier geschilderten Gedankengänge lassen sich ohne weiteres auch auf steilgeneigte Freileitungen übertragen. Man wird dann allerdings nicht mehr ohne hyperbolische Funktionen auskommen.

Wie man also sieht, lassen sich, wenn auch nur ungefähr, mit Hilfe der gezeigten Methode alle für den Festigkeitsnachweis einer Bündelleitung erforderlichen Größen mühelos berechnen. Schon damit allein ist der Zweck vorstehender Abhandlung erfüllt, wenn man bedenkt, daß sich vereinzelt vorkommende Diskussionen in der Fachliteratur vielfach nur auf besonders gelagerte, wichtig erscheinende Einzelfälle erstrecken. Wohl finden sich im einschlägigen Schrifttum einige Ansätze für die Berechnung „belasteter“ Trageile, doch ist dem Verfasser nach Abschluß der Arbeit kein Referat oder eine Originalarbeit bekannt, die enge Berührungspunkte mit dem hier erörterten Thema aufweisen könnte.

Eine Bezugnahme auf die umfangreichen Literaturangaben, so weit sich diese nur mit der Beanspruchung und dem Durchhang beim Einfachseil befassen, mußte im Rahmen dieses Aufsatzes unterbleiben.

# Der Einfluß der Ankerlagerung auf Lebensdauer und Meßgenauigkeit von Elektrizitätszählern

Von H. Edler, Nürnberg

DK 621.517.785.085.2

**Übersicht.** Mit der fortschreitenden Verbesserung der Meßeigenschaften der Elektrizitätszähler und dem Bestreben, ihre Lebensdauer, d. h. die Zeit, die ein Zähler ohne Überholung in Betrieb sein kann, zu verlängern, gewinnt die Frage der Ankerlagerung erhöhte Bedeutung. Der Aufsatz zeigt, wie sich die verschiedenen Reibungen auf Meßgenauigkeit und Lebensdauer auswirken, und nimmt zur magnetischen Aufhängung des Ankers Stellung.

Ankerlager, Zählwerk und Zählwerksantrieb sind die einzigen Teile des Elektrizitätszählers, die sich im normalen Betrieb abnutzen. Den Ankerlagern als am stärksten beanspruchten Teilen hat man daher besondere Aufmerksamkeit zugewandt. So ist jetzt wieder der schon seit dem Jahre 1909 durch Patentanmeldungen bekannte Gedanke aufgetaucht, den Anker magnetisch aufzuhängen. Solche Zähler besitzen also kein Fußlager. Die noch auftretenden seitlichen Kräfte werden durch zwei Halslager (Stahlachse in Graphitlager) aufgenommen. Der Fortfall des Fußlagers vermindert die Reibung des gesamten Systems und gibt dem Zähler eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Leider liegen genauere Untersuchungen und längere Betriebserfahrungen über diesen interessanten Zähler zur Zeit noch nicht vor. Wie auch immer diese Erfahrungen ausfallen mögen, so beweist allein die Tatsache, daß mit einem großen Aufwand an Entwicklungsarbeit versucht wurde, die Lagerung des Zählersystems zu verbessern, die Wichtigkeit dieses Problems für die Zählertechnik.

Wie aus der Theorie der Zähler hervorgeht, ruft die Reibung bei der Drehung des Zählerankers zusätzliche Fehler hervor, die besonders bei kleinen Belastungen ins Gewicht fallen können. Grundsätzlich können diese Fehler durch Kompensationsmittel bis auf einen kleinen Betrag beseitigt werden. Nun schwanken aber erfahrungsgemäß die Reibungskräfte. Diese Schwankungen sind natürlich durch keinerlei Mittel zu beseitigen und gehen auf alle Fälle als zusätzliche Fehler in die Messung ein. Es ist also schon aus diesem Grunde, trotz Kompensationsmöglichkeit der „Grund“-reibungskräfte, die Reibung im Zähler möglichst klein zu halten.

Die Stellen, an denen im Zähler Reibungen auftreten, sind Unterlager, Zählwerk und Oberlager. Hierbei ist das Unterlager am meisten beansprucht, da auf ihm das ganze Gewicht des Zählerankers ruht. Die Fußlager der Elektrizitätszähler bestehen gewöhnlich aus einem kugelförmig gerundeten Spurzapfen oder einer Stahlkugel von etwa 0,6 mm Radius, welche auf einer kugelförmig gewölbten Steinpfanne aus künstlichem Saphir läuft, s. Bild 1. Bei Belastung durch das Ankergewicht werden der Spurzapfen und die Steinpfanne etwas verformt, wodurch die Berührungsstelle der beiden nicht mehr punkt-

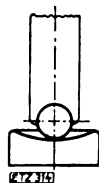


Bild 1. Normales Zählerfußlager.

förmig ist, sondern eine runde Berührungsfläche bildet. Der Radius dieser Berührungsfläche ist nach Hertz

$$a = \sqrt[3]{0,68 P \cdot \frac{1 E_1 + 1 E_2}{1 r_1 - 1 r_2}} \quad (1)$$

Hierbei ist  $P$  das Ankergewicht in kg,  $E_1$  ist der Elastizitätsmodul des Spurzapfens (bei Stahl 21000 kg/mm<sup>2</sup>) und  $E_2$  der Elastizitätsmodul des Steines (bei Saphir 52000 kg/mm<sup>2</sup>), ferner sind  $r_1$  und  $r_2$  die Wölbungsradien von Spurzapfen und Pfanne. Durch die Größe der Berührungsfläche ergibt sich der Flächendruck, welchen das Material aushalten muß. Dieser ist in der Mitte der Berührungsfläche am größten und dort gleich dem 1,5fachen des durchschnittlich aus Ankergewicht und Fläche sich ergebenden. Der maximale Flächendruck ist nach Hertz

$$\sigma_{max} = 1,5 \frac{P}{\pi a^2} = \sqrt[3]{0,235 P \frac{(1 r_1 - 1 r_2)^2}{(1 E_1 + 1 E_2)^2}} \quad (2)$$

In Bild 2 ist für einen Kugelradius  $r_1 = 0,6$  mm bei einem Pfannenradius  $r_2 = 1,2$  mm die Abhängigkeit des spezifischen Flächendruckes nach Gl. (2) vom Ankergewicht aufgetragen. Hierbei ist als Elastizitätsmodul des Stahles  $E_1 = 21000$  kg/mm<sup>2</sup> und des Saphirs  $E_2 = 52000$  kg/mm<sup>2</sup> eingesetzt worden. Wie man aus der Kurve ersieht, sind die spezifischen Flächendrucke zwar sehr groß. Sie liegen aber noch unter der zulässigen Druckbeanspruchung, die für Stahl 500 kg/mm<sup>2</sup> und für Saphir 1200 kg/mm<sup>2</sup> beträgt.

Das Reibungsmoment des Fußlagers ist

$$M_r = 2/3 \mu P a, \quad (3)$$

wobei  $\mu$  die Reibungszahl (für Stahl auf Saphir = 0,13) bedeutet.

In Bild 3 ist die Lagerreibung eines Fußlagers (Stahlkugel auf Saphirpfanne) in Abhängigkeit von dem Ankergewicht aufgetragen. Die Werte sind gemessen und stimmen mit der Rechnung nach Gl. (3) überein. Bei kleinen Ankergewichten sind sie sehr klein. Für ein Ankergewicht von 25 g, das dem Gewicht bei Wechselstromzählern entspricht, beträgt sie nur rund 0,0025 cmg, das ist der 2000ste Teil des Nenn Drehmomentes des Zählers.

Weitere Reibungsverluste im Zähler entstehen noch am Oberlager, das meist als Halslager mit 0,4 mm-Stahlnadel ausgebildet ist, an der Zählwerkschnecke und am Zählwerk. Das Reibungsmoment am Oberlager ist praktisch vom Anker-

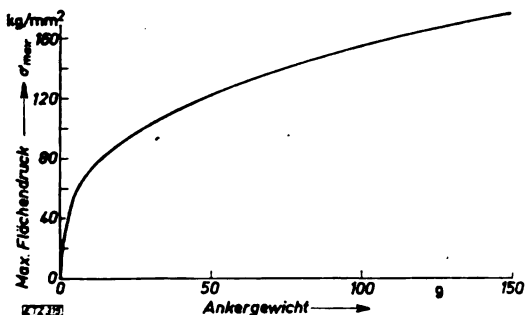


Bild 2. Maximaler Flächendruck im Fußlager in Abhängigkeit vom Ankergewicht (Kugelradius  $r_1 = 0,6$  mm, Pfannenradius  $r_2 = 1,2$  mm).

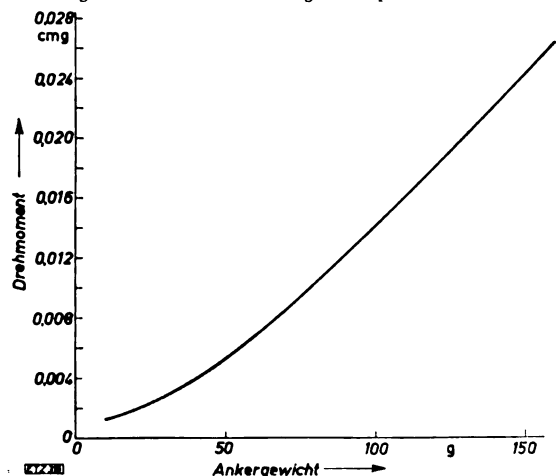


Bild 3. Lagerreibung im Fußlager in Abhängigkeit vom Ankergewicht (Kugelradius  $r_1 = 0,6$  mm, Pfannenradius  $r_2 = 1,2$  mm).

Vgl. a. ETZ 70 (1949) S. 496.

gewicht unabhängig und beträgt im Mittel 0,002 cmg. Die Zählwerkreibung einschließlich Schnecke hängt von der nötigen Übersetzung, also Zählerkonstanten, ab. Für die gebräuchlichsten Zähler liegt sie zwischen 0,002 und 0,01 cmg. Die amerikanischen Zähler haben meist Zählwerke, bei denen die erste Ziffernrolle (oder der erste Zeiger am Zeigerzählwerk) bei gleichem Verbrauch eine Umdrehungsgeschwindigkeit hat, die nur 1/10 der europäischen beträgt (Fortfall der letzten Dezimale). Infolge der 10mal so großen Übersetzung ist das Reibungsmoment der amerikanischen Zählwerke sehr viel kleiner: rund 0,001 cmg. Alles in allem sind die Reibungskräfte im Zähler sehr klein und ihr geringer Einfluß auf die Meßgenauigkeit bei kleinen Lasten kann bequem kompensiert werden.

Eine wichtige Frage ist die Haltbarkeit und Beständigkeit der Lager. Sie bestimmt letzten Endes die Zeit, die der Zähler ohne Überholung im Betrieb bleiben kann. Ein Kriterium für die Betriebsfähigkeit bietet der Fehler bei kleinen Belastungen, der durch Zunahme der Reibungen so groß werden kann, daß die Fehler des Zählers über das gesetzlich zulässige Maß hinausgehen. Die Zunahme der Reibung nach längerer Betriebszeit wird hervorgerufen durch Abnutzung in den Lagern (besonders stark bei nicht sorgfältig behandelten Lagerlöchern und Achsen), Abnutzung an Schnecke und Schneckenrad (bei nicht geeigneten Werkstoffen und nicht sorgfältiger Ausführung) und bei nicht sorgfältig erprobtem Schmiermittel. Die Beständigkeit eines Zählers ist also in erster Linie eine Frage der sorgfältigen Ausführung und der Qualität der verwendeten Werkstoffe.

Nach den Gleichungen (2) und (3) können für das meist beanspruchte Lager, das Unterlager, der maximale Flächen- und das Reibungsmoment berechnet werden. Vom maximalen Flächendruck hängt hauptsächlich die Lebensdauer des Lagers ab. Bei gegebenem Ankergewicht kann er durch Verändern der Radien der Kugel und der Kalotte in weiten Grenzen variiert werden. Aus Gl. (2) und (3) kann man die Lagerreibung  $M_r$  als Funktion des maximalen Flächendrucks  $\sigma_{\max}$  bestimmen.

$$M_r = 0,462 \mu \frac{P^{1,5}}{\sigma_{\max}} \quad (4)$$

Man ersieht aus Gl. (4), daß die Reibung umso geringer wird, je größer der maximale Flächendruck ( $\sigma_{\max}$ ) ist. Man wird also  $\sigma_{\max}$  so groß wie möglich wählen. Andererseits sinkt mit größer werdendem  $\sigma_{\max}$  die Lebensdauer. Für die Güte des Lagers ist also die richtige Wahl von  $\sigma_{\max}$  ausschlaggebend. Der Zusammenhang zwischen  $\sigma_{\max}$  und der Lebensdauer kann mit Sicherheit nur durch sehr sorgfältige, eingehende Daueruntersuchungen gefunden werden. Für das Lager nach Bild 1 haben sich folgende Verhältnisse ergeben: Bis zu einem maximalen Flächendruck  $\sigma_{\max} = 100 \text{ kg/mm}^2$  sind selbst nach 50 Millionen Umdrehungen Abnutzungen und Zunahme der Reibung nicht zu beobachten. Dabei ist es gleichgültig, ob Mineral- oder fette Öle verwendet werden. 50 Millionen Umdrehungen entsprechen bei mittlerer Belastung des Zählers einer Betriebszeit von rund 25 Jahren.

Dem üblichen Verhältnis von Reibungsmoment zu Nenndrehmoment und dem bei Einphasen-Wechselstromzählern üblichen Nenndrehmoment entspricht bei einem  $\sigma_{\max} = 100 \text{ kg/mm}^2$  ein Ankergewicht von 30 g, d. h. aber, daß Zähler bis zu einem Ankergewicht von 30 g (das Ankergewicht der meisten Wechselstromzähler beträgt 25 g und weniger) noch nach 25jähriger Betriebszeit ein brauchbares Unterlager haben, das die Meßgenauigkeit nicht verringern kann. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Lager nicht durch harte Stöße, z. B. auf dem Transport, verletzt worden sind.

Beobachtungen im praktischen Betrieb haben bestätigt, daß richtig bemessene und gut ausgeführte Wechselstromzähler sich unter 10- bis 20jähriger Betriebszeit nicht ändern. Es wurden noch mit Fabrikplomben versehene Zähler nach rund 20jähriger Betriebszeit aus der Installation genommen und untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß selbst nach dieser langen Zeit eine Überholung nicht notwendig war, da

die Meßeigenschaften sich praktisch nicht verändert hatten. Hieraus geht hervor, daß das Unterlager ein derartig stabiler Bauteil des Zählers ist, daß er die Lebensdauer des Zählers nicht bestimmt. Meist begründen nach sehr langer Betriebszeit Abnutzungen und Verschmutzungen an Schnecke und Schneckenrad und an den Lagerstellen des Zählwerkes eine Überholung des Zählers.

Der Ersatz des Unterlagers durch eine magnetische Aufhängung des Ankers erscheint also für die leichten Anker der Wechselstromzähler nicht sinnvoll, da damit die Abnutzungen und Reibungen im Zählwerk, an Schnecke und Schneckenrad nicht vermieden werden. Da der Anker sich in radialer Richtung nicht in einem stabilen Gleichgewicht befindet, muß er durch zwei Halslager gegen radiale Verschiebungen gesichert werden. Diese Halslager bestehen aus Graphitlager und Stahlachse, die ein Reibungsmoment  $M_r = \mu' r P$  haben, wo  $r'$  der Radius der Stahlachse,  $\mu'$  der Reibungskoeffizient und  $P$  die radiale Kraft ist.  $P$  setzt sich zusammen aus der durch die radiale magnetische Instabilität hervorgerufenen Kraft und der durch Zusammenwirken der Trieb- und Bremsmomente hervorgerufenen Komponente in radialer Richtung (Größenordnung bei Nennlast rd. 2 g). Die Größe der Reibungsmomente durch das Halslager kann nur gemessen werden. Sie tritt bei der magnetischen Aufhängung an die Stelle der sehr kleinen Fußlagerreibung<sup>2</sup>. Da die Halslager auch der Abnutzung unterworfen sind, muß erst eine langjährige Betriebszeit erweisen, ob der amerikanische Zähler mit der magnetischen Entlastung hinsichtlich seiner Lebensdauer dem Zähler mit Fußlager aus Saphir gleichwertig ist.

Das Problem der magnetischen Entlastung von Meßsystemen ist schon alt (z. B. DRP 217 312 vom 16. 2. 1909). In der Praxis wurde diese Lagerung in Deutschland bei den normalen Zählern nicht eingeführt, da ein technisches Bedürfnis nicht vorliegt, Meßgenauigkeit und Lebensdauer dadurch nicht zu verbessern sind und somit der preisliche Mehraufwand nicht zu rechtfertigen ist. Nur bei schweren Anker, z. B. bei den Gleichstrom-Wattstundenzählern, kann eine magnetische Entlastung Vorteile bringen.

Aus den Gl. (1) und (3) ergibt sich, daß

$$\frac{M}{P^{1,5}} = 0,46 \frac{\mu}{a \sigma_{\max}}$$

wobei  $a$  durch  $M_r = aD$  definiert ist, also die Zahl ist, die angibt, welchen Bruchteil des Nenndrehmomentes das Reibungsmoment  $M_r$  betragen darf. Wird für  $\sigma_{\max}$  der zulässige Wert der maximalen Flächenpressung eingesetzt, so bestimmt Gl. (5) das Verhältnis des Nenndrehmomentes zum Ankergewicht, das eingehalten werden muß, um Lager gleicher Güte, d. h. gleicher Reibung und Lebensdauer zu erhalten.  $M/P^{1,5} = I'$  wird auch als Gütefaktor bezeichnet. Für schwere Anker (großes  $P$ ) ergeben sich daraus große Nenndrehmomente, die viel Aufwand erfordern könnten. Hier kann man nun durch eine magnetische Entlastung einen merklichen technischen Vorteil erzielen. Zweckmäßig wird man nicht so weit entlasten, daß das Ankergewicht vollständig aufgehoben wird. Dann müßten nämlich zur Stabilisierung gegen die immer vorhandenen radialen Kräfte Halslager verwendet werden. Man wird vielmehr den Anker soweit entlasten, daß das übrig bleibende Ankergewicht

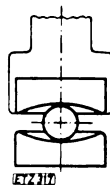


Bild 4. Doppelstein-Zählerfußlager.

<sup>2</sup> Vorsichtige Schätzung ergibt für die Halslager ein  $M_r$  von 0,00125 cmg bei 10% Belastung des Zählers (gegen rd. 0,602 cmg Saphirfußlager) ( $\mu' = 0,25$ ;  $r' = 0,025 \text{ cm}$ ,  $P = 0,2 \text{ g}$ ).

kleine Reibungen verlangt werden, mit Vorteil auch ein Lager mit zwei Steinkalotten verwendet werden kann, zwischen denen eine lose Stahlkugel rollt (s. Bild 4). Das Reibungsmoment ist bei gleichem maximalen Flächendruck wesentlich kleiner und die Lebensdauer größer als beim normalen Lager mit einem Stein. Nur ist dabei zu beachten, daß das Doppelsteinlager gegen radiale Kräfte wenig stabil ist. Es ist deshalb nicht ohne weiteres möglich, Zähler mit beliebig großem Nenndrehmoment mit Doppelsteinlager zu versehen, da sonst durch exzentrische Verschiebung der beiden Steinkalotten gegeneinander zusätzliche Reibungsmomente und Abnützungen auftreten können.

**Zusammenfassung**

Bei dem heutigen Stand der Technik verfügt man über Lager für Zähler, die, zumal bei Ankergewichten bis 30 g (Einphasen-Wechselstromzähler) bezüglich Lebensdauer und Reibungsmoment so gut sind, daß Zählwerk, Schneckenrad und Schnecke eher Anlaß zur Überholung des Zählers geben als Unter- und Oberlager. Eine magnetische Entlastung bei diesen Zählern kann nur einen Mehraufwand ohne technischen Vorteil bringen. Nur bei schweren Anker kann eine magnetische Entlastung nützlich sein, da dann bei kleineren Nenndrehmomenten eine große Meßgenauigkeit erreicht

wird, für die ohne magnetische Entlastung große Drehmomente erforderlich wären. Man darf aber nur soweit magnetisch entlasten, daß ein normales Steinunterlager den Anker gegen radiale Kräfte stabilisieren kann.

**Schrifttum**

I. F. Kinnard: Wattstundenzähler mit magnetischer Ankeraufhängung. *Electr. Engng.* 67 (1948) S. 627; 3 B.  
 K. Schmiedel: Reibung von Elektrizitätszählern mit rotierendem Anker und Einfluß der Reibung auf die Fehlerkurve. *Verh. d. Ver. Beförd. Gew.-Fl. und Elektrotechn. u. Masch.-Bau* 29 (1911) S. 961.  
 F. Wachsmann: Untersuchung der Reibungsverhältnisse in Elektrizitätszählern. Dissertation, München 1934.  
 E. Roswe: Friction in Meters-Results of Investigations. *Electr. Rev. Jull* 1939.  
 Fichter: Reibungsmessungen. *Rev. gén. Electr.* 15 (1906) S. 1035 u. 1131; *ETZ* 47 (1926) S. 167.  
 G. Grünberg: Fußlagerreibung, Durchmesser der Abnutzungsfläche. *Rev. gén. Electr.* 28 (1930) S. 279; *ETZ* 52 (1931) S. 1499.  
 Verwendung von Lagerzapfen aus Saphir. *Rev. gén. Electr.* 36 (1936) Jull.  
 V. Stott: Reibungsmessungen. *J. Instn. electr. Engrs.* 69 (1931) S. 574; *Arch. techn. Messen* J—013—1.  
 L. D. Price: Beschädigte Lagersteine in USA-Zählern. *Electr. Engng.* 54 (1935) S. 992.  
 Kinnard u. Goss: Meter Bearings. *Electr. Engng.* 56 (1937) Januar (u. Sept. 1937: Besprechung).  
 Abbott u. Goss: Schmierung erhöht die Lebensdauer der Zählerlager. *Electr. Engng.* 54 (1935) S. 428 (u. Besprechung: Sept. 1935).  
 Schuler u. Dimpker: Über die Druckfestigkeit von Kristallen. *Z. Instrumentenkd.* 1935, H. 2, S. 63.  
 Hertz: Zugspannungen an der Grenzzone gedrückter Flächen. *Hertz, Gesammelte Werke.* Bd. 1, S. 155 ... 196.  
 F. Auerbach: Härteprüfungen. *Wiedemanns Ann.* 43 (1891) S. 61.

**Beitrag zur Erdung von nicht schienengebundenen Stromverbrauchern in Bahnanlagen**

Von Paul Steglich, Berlin

DK 621.335.4/5.053

**Übersicht.** In der gesamten Starkstromtechnik spielt der Berührungsspannungsschutz eine wichtige Rolle. Er ist deshalb in allen VDE-Vorschriften verankert. Nun gibt es aber eine Reihe von Stromverbrauchern, bei welchen nach Ansicht des Verfassers gerade diesem Gesichtspunkt noch zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die bisher bestehenden diesbezüglichen VDE-Vorschriften<sup>1</sup> sind hier noch nicht sinngemäß angewendet worden. Die nachstehende Abhandlung soll den Kreis dieser Verbraucher abgrenzen und einen Weg zeigen, wie dem festgestellten Mißstand abgeholfen werden kann.

Bei Bahnanlagen wird dem Triebfahrzeug im allgemeinen über eine Fahrleitung — Straßenbahnen — oder eine dritte Schiene — Schnellbahnen — der Strom zugeführt und über die Radsätze und Schienen zum Kraftwerk zurückgeleitet. Durch Einbettung der Schienen in den Boden und zusätzliche Erdungsmaßnahmen wird erreicht, daß die Fahr-schienen immer Erdpotential besitzen. Bei den schienengebundenen Fahrzeugen wird durch den Achs- und Raddruck für eine ausreichend sichere Verbindung zwischen Fahrgestell, d. h. Wagenmasse, und Erde gesorgt. Es ist daher in allen diesen Fällen richtig, wenn der Stromkreis mit der Wagenmasse verbunden wird. Dies ist im Fahrzeugbau allgemein üblich (vgl. Bild 1a).

In Bahnanlagen, besonders in Werkstätten, werden aber Betriebs- und Prüfeinrichtungen eingesetzt, die mit

Netz-, d. h. Fahrdrabtspannung arbeiten. Außerdem wendet man auf den Strecken Arbeitswagen an, wie z. B. Schweiß- und Schleifwagen, die ebenfalls unmittelbar aus der Fahrleitung ihren Strom beziehen. Auch für sie gilt die Fahr-schiene als Rückleitung. Diese Einrichtungen und Stromverbraucher dürfen nicht schienengebunden sein, damit der Verkehr auf den Strecken und den Bahnhöfen nicht behindert wird. Bei allen diesen Verbrauchern ist die Wagenmasse über die Radsätze nicht mehr sicher geerdet. Häufig handelt es sich bei den auf der Strecke eingesetzten Fahrzeugen sogar um gummibereifte Wagen, die gut isoliert sind. Dann bildet die Verbindung des Betriebsstromkreises mit der Wagenmasse, wie sie bei Schienenfahrzeugen üblich ist und für die übrigen Verbraucher in Bahnanlagen zum Teil als erprobt übernommen wurde und noch wird, eine erhöhte Gefahr durch die Möglichkeit des Auftretens unzulässig hoher Berührungsspannungen. Die Bedienungsvorschriften sehen zwar im allgemeinen vor, daß vor Anschluß eines Verbrauchers an die Fahrleitungen immer erst geerdet werden muß. Sind aber durch solche Vorschriften alle Bedingungen des Berührungsspannungsschutzes sinngemäß erfüllt? Diese

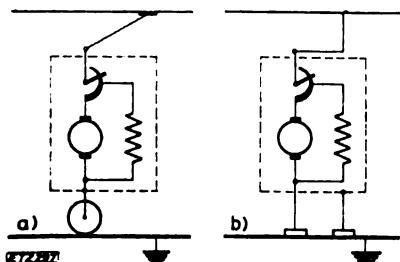


Bild 1. Schematische Schaltung a) schienengebundener Fahrzeuge, b) von nicht schienengebundenen Prüf- und Arbeitsgeräten.

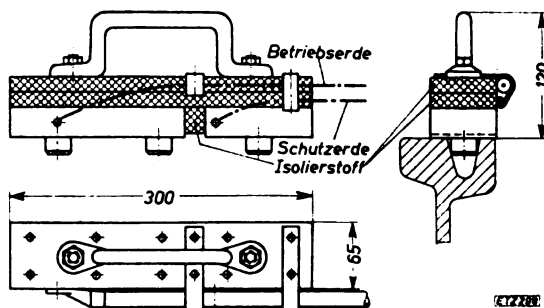


Bild 2. Erdungskontaktschuh für Rillenschienen mit 2 getrennten Kontaktklötzen für Betriebsstromkreis und Schutz-erde.

<sup>1</sup> VDE 0140 § 10 u. § 14.

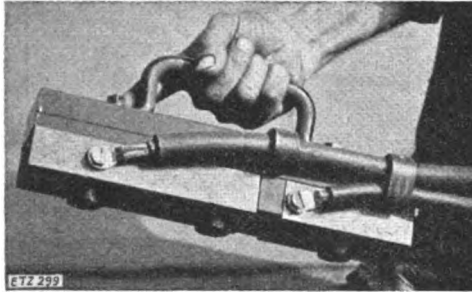


Bild 3. Erdungskontaktschuh für Rillenschienen.

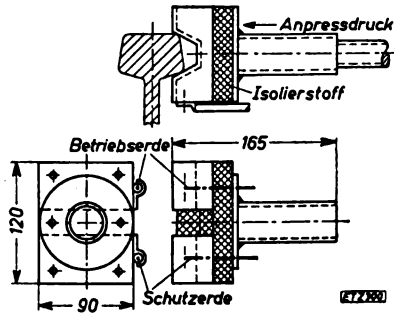


Bild 4. Erdungskontaktschuh für Vignolschienen mit 2 getrennten Kontaktklötzen für Betriebsstromkreis und Schutzerde.

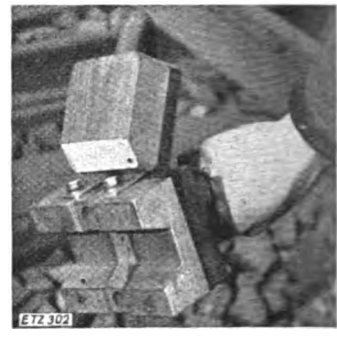


Bild 6. Erdungskontaktschuh für Vignolschienen mit Spannvorrichtung.

Frage muß verneint werden, denn Bedienungsfehler können durch Vorschriften nicht ausgeschlossen werden.

Bei einigen Einrichtungen sorgt man durch Nullspannungsauslösung für unmittelbare Abschaltung der Stromkreise. Die Auslösung wird auch bei Unterbrechung in der Erdungsleitung wirksam. Ob dies rechtzeitig genug geschieht, um einen Schaden für den Bedienenden zu vermeiden, ist ungeklärt.

An Hand des Bildes 1 soll zunächst erläutert werden, wie die erwähnte Berührungsspannung zustande kommt. Teil a) zeigt schematisch die übliche Fahrzeugschaltung. Stellt man sich vor, daß durch Entgleisung aller Achsen plötzlich eine Trennung zwischen Rad und Schiene auftritt, so kommt der gesamte gestrichelt gezeichnete Wagenkasten auf das Potential der Fahrleitung. Das gleiche tritt auf, wenn an einem entsprechend geschalteten isolierten Arbeits- oder Prüfwagen die Erdverbindung unterbrochen wird. Die gefährliche Fahrdrachtspannung kommt damit in den Handbereich des Bedienungspersonals und etwaiger Passanten.

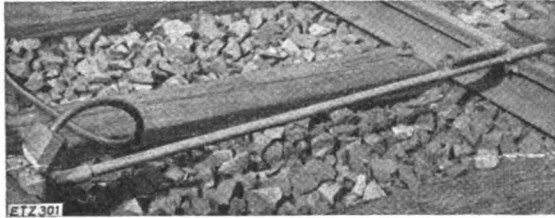


Bild 5. Erdungskontaktschuh für Vignolschienen.

In Teil b) soll der gesamte Betriebsstromkreis isoliert von Wagenmasse verlegt sein. Wird hier der zweipolig dargestellte Kontaktschuh von der Schienenenerde getrennt, so behält die Wagenmasse neutrales Potential. Lediglich der Stromkreis, der voraussetzungsgemäß isoliert ist, nimmt Fahrleitungsspannung an. Die Gefahr des Auftretens unzulässiger Berührungsspannungen ist damit auf den Kontaktschuhpol des Betriebsstromkreises begrenzt, der bedienungsmäßig nicht berührt werden braucht.

Nach diesen Erkenntnissen müßte in allen erwähnten Fällen, d. h. bei allen nicht schienengebundenen Fahrzeugen

und mit Fahrdrachtspannung arbeitenden Einrichtungen dafür gesorgt werden, daß der Betriebsstromkreis immer von der Wagenmasse und den Gehäusen isoliert wird. Sowohl Betriebsstromkreis als auch Wagenmasse müssen getrennt geerdet werden. Sie dürfen nur dort verbunden sein, wo mit Sicherheit Erdpotential angenommen werden kann, im allgemeinen also nur an den Fahrschienen. Die Betriebssicherheit derartiger Hilfsfahrzeuge in Bahnanlagen erfordert bei der erwähnten Schaltung, daß die Isolation zwischen Wagenmasse und Stromkreis von Zeit zu Zeit überprüft wird. Derartige Überprüfungen sind vom Obusbetrieb her bekannt, wo gleichgeartete Verhältnisse vorliegen.

Die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) haben für Prüfeinrichtungen, Arbeitswagen und Arbeitsgeräte Erdungskontaktschuhe entwickelt, die den Forderungen nach Bild 1b gerecht werden. Bild 2 zeigt einen solchen Kontaktschuh für Prüfströme bis 400 A. Er wird bei Rillenschienen eingesetzt. Der Kontaktschuh besteht aus 2 Kontaktklötzen, einem größeren für die Stromkreiserdung und einem kleineren für die Schutz-erdung. Beide sind gegeneinander und auch gegen den Traggriff isoliert. Sollte der Bedienungsmann den Kontaktschuh während des Betriebes versehentlich anheben, kann er nicht durch die Spannung gefährdet werden. Die Ausführung dieses Erdungskontaktschuhes zeigt Bild 3.

Auch für Vignolschienen wurde ein Erdungskontaktschuh entwickelt, bei dem ebenfalls Betriebs- und Schutzerde voneinander isoliert sind. Die für das Anpressen erforderliche Erdungsstange ist hier genau wie bei den in den Bildern 2 und 3 gezeigten Kontaktschuhen von den eigentlichen Kontaktstücken durch den isolierten Befestigungsstutzen am Schuh galvanisch getrennt. Sie kann gefahrlos bedient werden. Die zuletzt genannte Einrichtung zeigen Bild 4 in den Größenabmessungen und im Einsatz Bild 5 und Bild 6.

Die getrennte Erdnung von Betriebsstromkreis und Wagenmasse bedingt geringfügige Mehrkosten, die für die Sicherheit des Bedienungspersonals in allen gekennzeichneten Fällen gerechtfertigt erscheinen<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Wir erfahren, daß sich die VDE-Kommission 0115 „Elektrische Bahnen“ gelegentlich der Neubearbeitung der VDE-Vorschriften 0115 mit den vom Verfasser aufgeworfenen Fragen beschäftigen wird. — Die Schriftleitung.

## Korrektur lichtempfindlicher Zellen auf Einfallswinkel und spektrale Energieverteilung des Lichtes

DK 535.24 : 621.377.43

Mit der Einführung der Leuchtstofflampe für Beleuchtungszwecke werden an die Beleuchtungsstärkemesser (Luxmeter) besondere Anforderungen gestellt<sup>1</sup>. Das Licht der Leuchtstofflampen hat eine andere spektrale Energieverteilung als die Glühlampe, so daß die Luxmeter mit Selenphotoelementen oder Sperrschichtzellen je nach der vorhandenen Lichtfarbe Fehlmessungen bis zu etwa 20% ergeben können. Für eine große Anzahl Leuchtstofflampen verschiedener Lichtfarbe und Quecksilber- sowie Natriumdampflampen werden die Korrekturfaktoren angegeben. Beispielsweise muß die Angabe eines Luxmeters, das mit einer Glühlampe

bei 2700 °K Farbtemperatur geeicht wurde, mit 0,84 multipliziert werden, wenn die richtige Beleuchtungsstärke in einem Raum gemessen werden soll, der mit Leuchtstofflampen in Tageslichtfarbe (6500 °K) ausgeleuchtet wird.

Ferner hat man bei den bisherigen Luxmetern die Winkelempfindlichkeit nicht besonders beachtet. Die röhrenförmigen Lichtquellen mit großer Längsausdehnung verlangen eine besondere Formgebung der Abdecklinse für die Zellen der Beleuchtungsstärkemesser. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Winkelempfindlichkeitskurve des Luxmeters dem Kosinusetz von Lambert anzupassen. Ein neues farb- und winkelkorrigiertes Taschenluxmeter wird beschrieben.

Sm

<sup>1</sup> Nach G. B. Buck: Jllum. Engng. 44 (1949) S. 293, 10 S.



# Luftgekühlte Variometer für fahrbare Kurzwellensender

Von Wilhelm Schirp, Gummersbach

DK 621.396.662.22

**Übersicht.** Bei luftgekühlten Sende- und Gleichrichterröhren erweist es sich insbesondere bei fahrbaren Kurzwellensendern als zweckmäßig, auch das Zwischenkreis-Variometer der Endstufe mit Luft zu kühlen. Es genügt jedoch, die bei den höchsten Frequenzen noch eingeschalteten Variometerwindungen zu kühlen, da nur in diesen eine beträchtliche Verlustleistung auftreten kann, wie rechnerisch nachgewiesen wird. Die konstruktive Ausbildung des Variometers der Endstufe eines fahrbaren 20 kW-Kurzwellensenders wird näher behandelt unter besonderer Berücksichtigung der Kühlung und der Rollenkontakte.

Die Endstufe eines fahrbaren Kurzwellensenders, Antennenleistung 20 kW, Wellenbereich 12,5 ... 100 m, Röhrenbestückung 2xRS 720, sollte aus betrieblichen Gründen ausschließlich mit Luftkühlung arbeiten (Bild 1). Als Senderröhre stand die RS 720 — eine der ersten luftgekühlten Sendetrioden hoher Leistung —, als Gleichrichterröhre die ebenfalls luftgekühlte RG 700 zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der Leistungsverluste war für 2 Röhren RS 720 und 6 Röhren RG 700 ein Gebläsedruck von 30 Torr nötig. Derselbe Druck sollte auch, um mit einem Gebläse auszukommen, für die Luftkühlung des Zwischenkreis-Schleifvariometers der Endstufe ausreichen.

Bisher wurden Schleifvariometer für die hier vorliegenden Belastungen wassergekühlt ausgeführt. Das Kühlwasser durchströmte hierbei die Windungen und muß über hochfrequenzmäßig und hochspannungsmäßig ausreichende Isolierstrecken zu- und abgeführt werden.

Die Belastung der einzelnen Variometerwindungen ist je nach der eingestellten Wellenlänge stark verschieden. Nicht nur, daß bei einer für den gesamten Wellenbereich 12,5 ... 100 m konstant angenommenen Dämpfung die Gesamtverluste bei kürzeren Wellen entsprechend der Zunahme der Blindleistung ansteigen, sondern diese höheren Verluste verteilen sich auf nur wenige Windungen oder im ungünstigsten Fall der kürzesten Wellenlänge auf die erste Windung oder einen Teil derselben, während sich bei den längsten Wellen die an sich geringeren Gesamtverluste auf alle Windungen gleichmäßig verteilen.

Die Belastung der einzelnen Windungen bei den verschiedenen Frequenzen bzw. Wellenlängen errechnet sich wie folgt: Es bedeuten:

$U_a$  [V eff.] Anodenwechselspannung je Seite der Gegentaktendstufe

$C$  [cm] gesamte Zwischenkreiskapazität je Seite

$d$  Dämpfung

$\omega$  [1/s] Kreisfrequenz

$\lambda$  [m] Wellenlänge

$L = Dn^2 f(l/D)$  [cm] Induktivität des Variometers je Seite bei  $n$  aktiven Windungen

$D$  [cm] Windungsdurchmesser des Variometers

$d_R$  [cm] Kupferrohr-Außendurchmesser des Variometers

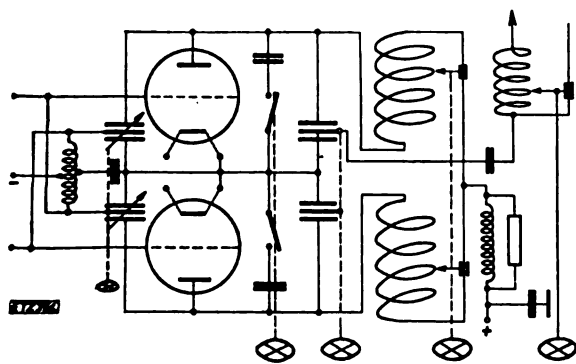


Bild 1. Prinzipschaltbild der Endstufe eines fahrbaren 20 kW-Kurzwellensenders.

$l$  [cm] Länge des aktiven Teils des Variometers  
 $N_v$  [W] Gesamtverlustleistung der aktiven Windungen je Seite  
 $N_{v1}$  [W] mittlere Verlustleistung je Windung  
 $N_B$  [VA] Blindleistung je Seite gleich

$$\frac{U_a^2}{\omega C} = U_a^2 \omega \frac{C}{1,11} \cdot 10^{-12} \text{ [VA]}$$

Es gilt:  $N_v = d N_B = d U_A^2 \omega \frac{C}{1,11} \cdot 10^{-12} \text{ [W]}$

$$\omega = \frac{18,85 \cdot 10^8}{\lambda}; \quad \lambda = \frac{1}{16} \sqrt{L_{an} C_{an}} \text{ [m]}$$

$$L = D n^2 f(l/D) \text{ [cm]}$$

hiermit:  $N_v = \frac{U_a^2}{\sqrt{D f(l/D)}} \cdot \frac{d \sqrt{C}}{n} \cdot 334 \cdot 10^8 \text{ [W]}$

$$N_{v1} = \frac{U_a^2}{\sqrt{D f(l/D)}} \cdot \frac{d \sqrt{C}}{n^2} \cdot 334 \cdot 10^8 \text{ [W]}$$

Im Falle der hier vorliegenden 20 kW-Endstufe errechnet sich die Anodenwechselspannung je Seite bei einer Anodengleichspannung von 6000 V zu  $U_a = 3960$  V. Die gesamte Schwingkreiskapazität  $C$  [cm] je Seite in dem hier interessierenden Wellenbereich 12,5 ... 50 m beträgt 140 cm, der Windungsdurchmesser  $D$  des Variometers 24 cm, der Kupferrohr-Außendurchmesser  $d_R = 1,4$  cm, die Windungs-

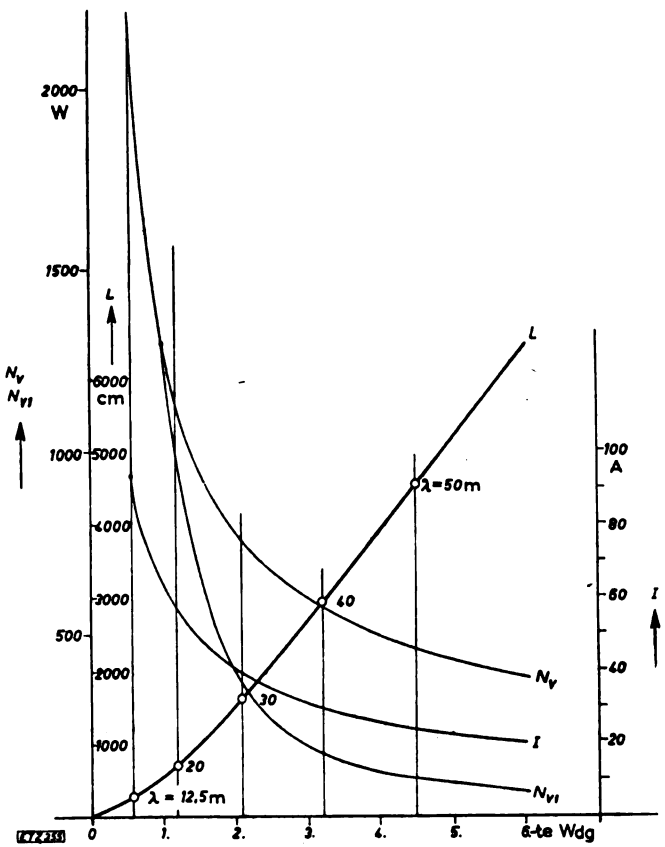
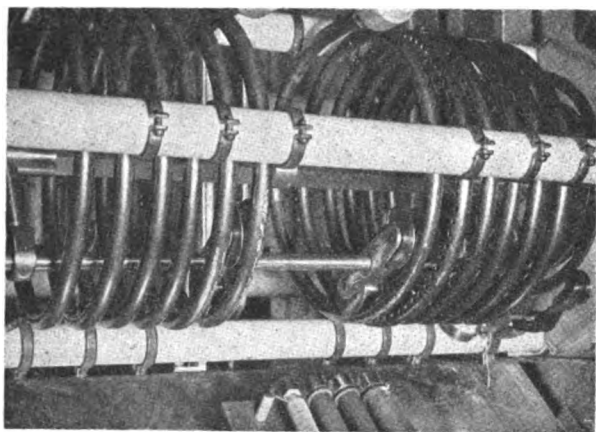


Bild 2. Gesamtverlustleistung  $N_v$ , mittlere Verlustleistung je Windung  $N_{v1}$ , Induktivität  $L$ , Schwingkreisstrom  $I$ , dargestellt für die erste bis sechste Windung einer Variometersseite.



ETZ 356  
Bild 3. Luftgekühltes Gegentaktvariometer neuer Ausführung mit Doppelkontaktrollen. Werkaufnahme Telefunken.

zahl  $n$  je Seite 6. Die nur auf das Variometer bezogene Dämpfung  $d$  wurde zu 0,5% und für den untersuchten Wellenbereich 12,5 ... 55 m als konstant angenommen. Die Funktion  $f(l/D)$  wird aus den aus der Literatur bekannten Unterlagen zur Berechnung der Induktivität von Variometern für 1, 2 ... 6 Windungen ermittelt. Der Einfluß der jeweils kurzgeschlossenen, nicht aktiven Windungen und der anderen Variometerseite kann hier durchaus vernachlässigt werden. Mit obigen Beziehungen erhält man die Kurven des Bildes 2, die die Gesamtverluste, ferner die mittlere Verlustleistung je Windung wiedergeben. Für einige Wellenlängen ist die aktive Windungszahl angegeben. Ferner sind die Induktivität  $L$  und die Stromstärke  $I$  (errechnet nach der Beziehung:

$$I = U_a \omega \frac{C}{1,11} \cdot 10^{-12} \text{ A}$$

in Abhängigkeit von der Zahl der aktiven Windungen dargestellt. Wie aus der Kurve für die mittlere Verlustleistung je Windung hervorgeht, braucht praktisch nur die erste und zweite Windung gekühlt zu werden, da nur diese bei den höchsten Frequenzen eine hohe Verlustleistung aufnehmen. Bei 12,5 m beträgt der das Variometer und seine Kontakte belastende Schwingkreisstrom 94 A und die Verlustleistung, die auf den noch wirksamen Teil der ersten Windung entfällt, liegt über 2 kW. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß ein Teil dieser Verlustleistung von den allerdings sehr kurzen Verbindungsleitungen zwischen dem Variometer und den verschiedenen Teilkapazitäten einschl. der Röhre aufgenommen wird, aus denen sich die gesamte Schwingkreis Kapazität je Seite zusammensetzt. Für die restlichen Windungen genügt im vorliegenden Fall die natürliche Kühlung durch Ableitung, Konvektion und Strahlung, um höhere Temperaturen als 100 °C mit Sicherheit zu vermeiden.

Die Möglichkeit, die Windungen gleichmäßig in der Weise zu kühlen, daß der Luftstrom alle Windungen durchströmt, ähnlich der bisher üblichen Wasserkühlung, ist nicht nur aus den oben genannten Gründen unzuweckmäßig, sondern auch wegen des notwendigen hohen Gebläsedrucks nicht zu empfehlen. Wollte man die zu einer wirksamen Kühlung

notwendige Luftmenge durch alle Windungen hindurchblasen, so würde für jede Variometerseite ein Druck von rd. 0,5 atü benötigt. Um mit dem verfügbaren Druck von 30 Torr eine ausreichende Kühlung der ersten und — schwächer — zweiten Windung zu erzielen, wurde die Luft über einen Isolierkanal (in Bild 3 oben noch eben erkennbar) in die erste Windung geleitet. Sie durchströmt die erste Windung und tritt dann zum größten Teil aus Bohrungen aus, die in der zweiten Windung so angebracht sind, daß der Luftstrom gegen die erste Windung gerichtet ist und diese noch zusätzlich von außen kühlt. Bei einem Luftverbrauch von nur 34 m<sup>3</sup>/h für beide Variometerseiten bei einem Druckbedarf von 30 Torr ist so eine derart intensive Kühlung der ersten Windung sichergestellt, daß die Temperatur auch an den Kontaktstellen 100 °C nicht überschreitet.

**Kontakte**

Die früher bei Kurzwellensendern höherer Leistung übliche Ausführung des Variometers selbst sowie der Schleiffederkontakte ist aus Bild 4 ersichtlich. Hierbei schleifen jeweils mehrere unter dem Druck von Blattfedern stehende Kontakte auf beiden Seiten der Windung, die daher im allgemeinen nicht mit rundem, sondern mit rechteckigem Querschnitt ausgeführt wurde. Die Schleiffederkontakte sind an einem Kontaktträger befestigt, der als Mutter auf einer in der Variometerachse liegenden Spindel läuft. Die Steigung dieser Spindel muß genau der Steigung der Windungen entsprechen. Die Spindel ist von einem in Längsrichtung geschlitzten Rohr umgeben, das zur Mitnahme des Stromabnehmers auf der feststehenden Spule einerseits und Spindel andererseits sowie zur Stromfortführung zu den Variometerenden dient. Der Strom geht zwischen Kontaktträger und Rohr durch weitere Schleiffederkontakte über, die auf dem Rohr gleiten. Diese Ausführung der Variometer hat folgende grundsätzlichen Nachteile:

1. Der Kontaktdruck je Kontakt ist nur gering, daher müssen mehrere Kontakte parallel geschaltet werden. Infolge der verschiedenen Länge der Stromfäden für die einzelnen parallel geschalteten Kontakte belasten sich diese gerade bei den größten Gesamtstromstärken (höchsten Frequenzen) ungleichmäßig. Der erste Kontakt wird überlastet und glüht dann sehr leicht aus.
2. Wie bereits erwähnt, muß die Steigung der Windungen und die der Spindel genau übereinstimmen. Dies erfordert wiederum sehr genaue Werkstattarbeit.
3. Bei Gegentaktvariometern muß die Spindel in ihren beiden Hälften mit gegenläufigem Gewinde versehen sein.
4. Durch die sich bei dieser Konstruktion zwangsläufig ergebende Metallanhäufung im Hochfrequenzfeld sind größere Dämpfung und damit größere abzuführende Verluste bedingt. Hierdurch wird dann meist eine Wasserkühlung der Spindel erforderlich (s. Bild 4).

Diese Nachteile vermeiden die neueren Variometer nach Bild 3 und 5, die mit Rollenkontakten ausgerüstet sind. Die zuerst gewählte Lösung wurde so ausgeführt (Bild 5), daß die

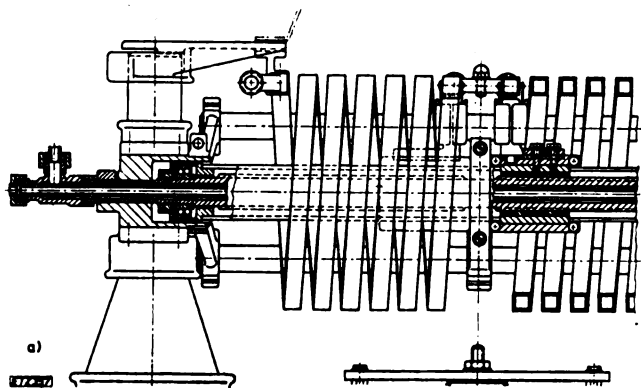
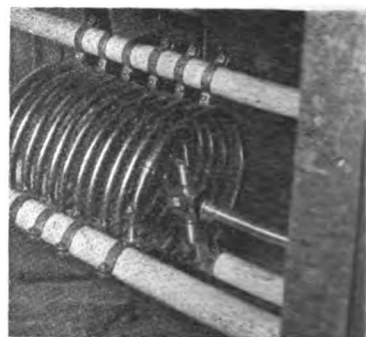


Bild 4. Wassergekühltes Gegentakt-Schleifvariometer älterer Ausführung.



ETZ 358  
Bild 5. Antennenvariometer mit Einzelkontaktrolle. Werkaufnahme Telefunken

eigentliche Kontaktrolle und eine Gegenrolle aus Isolierstoff durch gekapselt eingebaute Federn nach außen, d. h. gegen die Windungen, gedrückt werden. Die Rollen sind mit Rillen versehen, die ein Herausgleiten durch den entgegenwirkenden Federdruck verhindern. Die Rollen laufen in hochfrequenzmäßig abgeschirmten Kugellagern, jedoch ist dies bei Wahl eines geeigneten Lagerwerkstoffes nicht unbedingt erforderlich. Der Rollenkontakt wird durch die als Vierkant ausgeführte Variometerachse fortbewegt, die hierbei das Drehmoment überträgt und gleichzeitig den Strom fortleitet. Schon diese Lösung zeichnet sich gegenüber der zuerst beschriebenen durch ihre große Einfachheit aus und löst außerdem die Kontaktfrage an den Windungen einwandfrei. Die Spindel, die größte Präzisionsarbeit erfordert, fällt fort und eine genaue Einhaltung des Windungsabstandes ist nicht mehr erforderlich. Als nachteilig stellte sich jedoch heraus, daß die Rollen gelegentlich versuchen zu klemmen und sich dann ruckweise fortbewegen. Ferner sind auch hier zwischen Rollenträger und Variometerachse bewegliche Kontaktglieder (Schleifkontakte oder Rollen mit Druckfedern) zur Stromübertragung erforderlich und schließlich führt das notwendige Laufspiel zwischen vierkantiger Variometerachse und Kontaktträger zu einem entsprechend vergrößerten toten Spiel an der Kontaktrolle.

Auch diese Nachteile vermeidet die endgültige, in Bild 3 wiedergegebene Lösung (Dt. P. ang.), bei der statt einer zwei Kontaktrollen verwendet werden, die in einem zweiseitig gabelförmigen Lagerstück laufen. Das Lagerstück gleitet auf einer verhältnismäßig dünnen Metallachse, die parallel zur Variometerachse steht und an den Enden des

Variometers, also praktisch außerhalb des Hochfrequenzfeldes, über nach außen federnde Mitnehmer mit der Antriebsachse verbunden ist. Die in den Mitnehmern abgeschirmt eingebauten Druckfedern drücken also die Metallachse und damit das auf ihr gleitende Lagerstück mit den Kontaktrollen nach außen, d. h. die Kontaktrollen gegen die Windungen. Die Antriebsachse kann, um zusätzliche Hochfrequenzverluste zu vermeiden, im Bereich des Variometers als Keramikachse ausgeführt werden. Der Vorteil der zwei Kontaktrollen liegt in der sehr guten Führung auf den Windungen. Infolgedessen können die Rollen mit steifflankigen Rillen versehen werden, die von beiden Seiten kräftig gegen die Windungen drücken und die von dem Lagerstück auf jede Rolle ausgeübte Kraft auf den mehrfachen Betrag übersetzen, ohne daß ein Klemmen möglich ist. Der hohe Kontaktdruck gewährleistet geringe Übergangswiderstände und damit geringe Kontaktwärmung. Besonders günstig ist diese Lösung bei Gegentaktvariometern, da beide Kontaktrollenpaare von derselben Achse geführt werden und der kürzestmögliche Stromweg zwischen den beiden beweglichen Kontaktstellen erzielt wird. Der zwangsläufig hohe Kontaktdruck zwischen der Metallachse und dem Lagerstück der Kontaktrollen gewährleistet hier einwandfreien Kontakt ohne zusätzliche Federkontakte usw.

Ein weiterer Vorteil des zuletzt beschriebenen Variometers ist, daß Abstand und Steigung der Windungen über die Variometerlänge nicht konstant sein müssen. Es besteht also beispielsweise die Möglichkeit, durch Einstellen der Windungsabstände aufeinanderfolgende Senderstufen in starren Gleichlauf zu bringen.

## Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand\*

Von E. Festl, Linz a. D.

DK 621.314.21.014.32

**Übersicht.** Bei den heute im Transformatorenbau durchweg verwendeten Zylinderspulen werden achsiale Stromkräfte nur durch Ungleichheiten im AW-Beleg hervorgerufen. Solche sind z. T. von vornherein unvermeidbar, z. B. wenn, wie allgemein üblich, Anzapfungen oder stärker isolierte Eingangswindungen, ungleiche Jochabstände u. dgl. vorgesehen sind. Z. T. werden sie durch Fertigungs- und Montageungenauigkeiten hervorgerufen. Während erstgenannte Ungleichheiten rechnermäßig erfaßt werden können, müssen letztere geschätzt werden. Daher ist ein einfaches Mittel erwünscht, mit dem man am fertigen Transformator die tatsächlich wirkenden Achsialkräfte überprüfen und Montageungenauigkeiten und Bearbeitungsfehler abschätzen kann. Können doch bei Großtransformatoren die im Kurzschlußfalle auftretenden Achsialkräfte die Abstützkonstruktion mit mehreren 100 t beanspruchen!

### 1. Berechnung der achsialen Stromkräfte

Gleichhohe Primär- und Sekundärspulen mit gleichmäßigem AW-Beleg (Bild 1a) besitzen keine nach außen wirkenden Achsialkräfte. Die obere und untere Spulenhälfte der Spule 1 werden mit einer (inneren) Druckkraft zusammen-

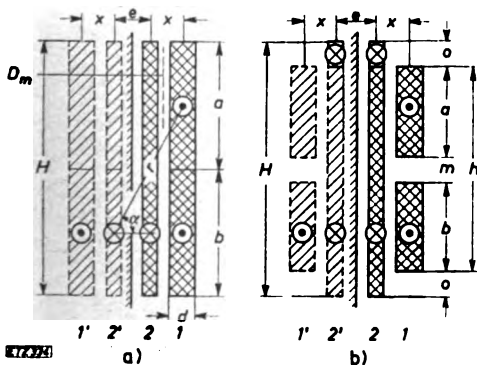


Bild 1. Spulenanordnungen.

gedrückt, welche sich aus der algebraischen Summe der auf die Spulenhälfte 1a von den Spulenteilen 1b, 2b und ihrer um das Kerneisen gespiegelten Spiegelbilder 1b', 2b' ausgeübten Kräfte ergibt. Die Spulenteile 2a, 2a', 1a' können aus Symmetriegründen keine Achsialkräfte auf 1a ausüben. Man darf die Spulen als unendlich lange Schienen auffassen und ihre Spiegelung um das Jochisen vernachlässigen.

Bedeutet I den gesamten maximalen AW-Beleg (Amplitude des Stoßkurzschlußstromes i mal Windungszahl n) der Primär- oder Sekundärspule, so können die auf die Schienenhälfte 1a wirkenden achsialen Teilkräfte auf die Kraftwirkung zwischen unendlich langen, dünnen Einzelleitern zurückgeführt werden, deren Strom I/2 man sich in der Mitte der betreffenden Halbspule konzentriert denkt. Für den allgemeinen Fall Bild 2 können dann die Einzelwerte der Achsialkraft für 1 cm Spulenumfang (Schienenlänge) allgemein nach dem Biot-Savartschen Gesetz gerechnet werden:

$$p_a = 2 \frac{I_1 I_2}{10^8} \frac{\sin \alpha}{r} \cdot \frac{1}{K} \text{ [kg cm]} \quad (1)$$

$$p_a = 2 \frac{I_1 I_2}{10^8} \cdot \frac{2}{H} \frac{1}{1 + (2x/H)^2} \cdot \frac{1}{K} \text{ [kg cm]} \quad (1a)$$

Hierbei bedeuten  $I_1, I_2$  die in den jeweiligen Schienenmitteln konzentriert gedachten AW. der Amplitude des Stoßkurzschlußstromes, r (cm) den Abstand dieser Schienenmitteln,  $\alpha$  den Winkel, den r mit der Horizontalen einschließt, H [cm] die Gesamthöhe und a [cm] die Höhe der kleineren Schiene. Die endliche Stromverteilung längs der Schiene wird durch einen Korrekturfaktor K berücksichtigt, welcher sich in Abhängigkeit vom Höhenverhältnis a/H und vom horizontalen Abstandsverhältnis x/H der Schienenmitteln aus Bild 2 ergibt,

\* Teilauszug des praktischen Ergebnisses einer längeren Abhandlung des Verfassers.

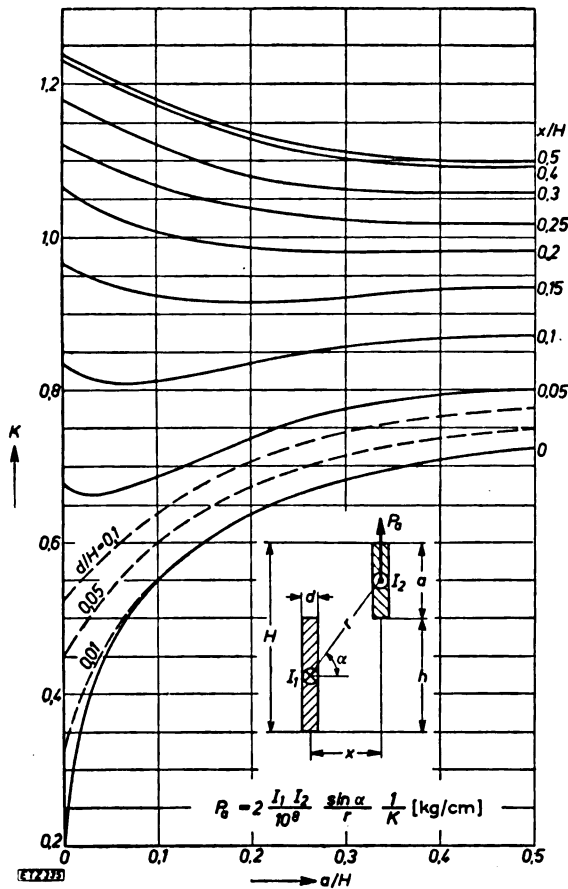


Bild 2. Ermittlung der Achsialkraft.

und für den nachstehende Beziehung gilt:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{4} \frac{1 + (2x/H)^2}{1 - a/H} \left\{ \begin{aligned} & \ln \frac{(1 - a/H)^2 + (x/H)^2}{(a/H)^2 + (x/H)^2} + \frac{1}{a/H} \\ & \cdot \ln \frac{1 + (x/H)^2}{(1 - a/H)^2 + (x/H)^2} \\ & - 2 \frac{x/H}{a/H} \left[ \arctg \frac{1 - a/H}{x/H} \right. \\ & \left. + \arctg \frac{a/H}{x/H} - \arctg \frac{1}{x/H} \right] \end{aligned} \right\} \quad (1b)$$

Zum Unterschied von bisher bekannten Darstellungsweisen ist der schwer übersehbaren Funktion für die Achsialkraft (1a) hat der Korrekturfaktor K (Bild 2) hier eine physikalische Bedeutung und ist eindeutig und anschaulich definiert durch das Verhältnis der tatsächlich zwischen Stromschienen auftretenden Achsialkraft zur Achsialkraft zwischen unendlich dünnen Stromleitern, die in den Schienenmitteln konzentriert gedacht sind.

Während die Schienendicke  $d$  für die Berechnung der Stromkräfte im allgemeinen vernachlässigt werden kann, ist sie für die Berechnung der zwischen Teilen derselben Schiene ( $x/H = 0$ ) auftretenden Druckkräfte entsprechend dem Verhältniswert  $d/H$  bei der Ermittlung des Faktors  $K$  aus Bild 2 zu berücksichtigen. Unter Beachtung des Richtungssinnes der Ströme können damit die anziehenden und abstoßenden Achsialkräfte der einzelnen Schienenteile und damit die gesamte Achsialkraft auf eine Schienenhälfte bei beliebiger Anordnung der Primär- und Sekundärspulen rasch ermittelt werden.

Um z. B. die auf die Schienenhälfte 1a (Strom  $I/2$ ) ausgeübte Achsialkraft der Anordnung mit Stromlücke in der Mitte und ungleichen Jochabständen auf der Ober- und Unterspannungsseite (Bild 1b) zu ermitteln, hat man nacheinander folgende Schienenteile mit den auf sie entfallenden AW-Beträgen zu berücksichtigen. Dabei werden Schienen-

teile, die in der Höhe nicht unmittelbar an das betrachtete Schienenstück anschließen, mit entsprechender Vergrößerung ihres AW.-Anteiles anschließend gedacht und die auf den so angeschlossenen Teil entfallende Kraftwirkung später abgezogen.

a) Schienenteil  $b + m$  von Schiene 1.  
 Strom:  $\frac{b+m}{b} \cdot \frac{I}{2}$  (anziehend  $-$ )  
 $\left(\frac{x}{H}\right) = 0 \quad \left(\frac{a}{H}\right) = \frac{a}{a+b+m} \quad \left(\frac{d}{H}\right) = \frac{d}{a+b+m}$

b) Schienenteil  $m$  von Schiene 1.  
 Strom:  $\frac{m}{b} \cdot \frac{I}{2}$  (abstoßend  $+$ )  
 $\left(\frac{x}{H}\right) = 0 \quad \left(\frac{a}{H}\right) = \frac{m}{a+m} \quad \left(\frac{d}{H}\right) = \frac{d}{a+m}$

c) Schienenteil  $b + m$  von Schiene 1'.  
 wie a), jedoch  $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{2x+e}{a+b+m}$  (anziehend  $-$ )

d) Schienenteil  $m$  von Schiene 1'.  
 wie b), jedoch  $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{2x+e}{a+m}$  (abstoßend  $+$ )

e) Schienenteil  $b + m + 0$  von Schiene 2.  
 Strom  $\frac{b+m+0}{b+m/2+0} \cdot \frac{I}{2}$  (abstoßend  $+$ )  
 $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{x}{a+b+m+0} \quad \left(\frac{a}{H}\right) = \frac{a}{a+b+m+0}$

f) Schienenteil  $+ m + 0$  von Schiene 2'.  
 wie e), jedoch  $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{x+e}{a+b+m+0}$  (abstoßend  $+$ )

g) Schienenteil  $0$  von oberer Hälfte 2.  
 Strom  $\frac{0}{a+m/2+0} \cdot \frac{I}{2}$  (abstoßend  $-$ )  
 $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{x}{a+0} \quad \left(\frac{a}{H}\right) = \frac{0}{a+0}$

h) Schienenteil  $0$  von oberer Hälfte 2'.  
 wie g), jedoch  $\left(\frac{x}{H}\right) = \frac{x+e}{a+0}$  (abstoßend  $-$ )

Die auf die Abstützkonstruktion wirkenden Teilkräfte werden dabei mit einem positiven Vorzeichen versehen. Ein negatives Vorzeichen bedeutet daher eine (innere) Druckkraft.

2. Berechnung der Radialkraft

Ebenso können wir die zwischen 2 gleichhohen Schienen (Spulen) wirkenden Radialkräfte berechnen:

$$P^r = 2 \frac{I_1 I_2}{10^8} \cdot \frac{K}{x} \text{ [kg/cm].} \quad (2)$$

Hierin bedeutet  $x$  [cm] wieder den Abstand zwischen den Schienenmitteln und  $K$  einen Faktor, der vom Abstandsver-

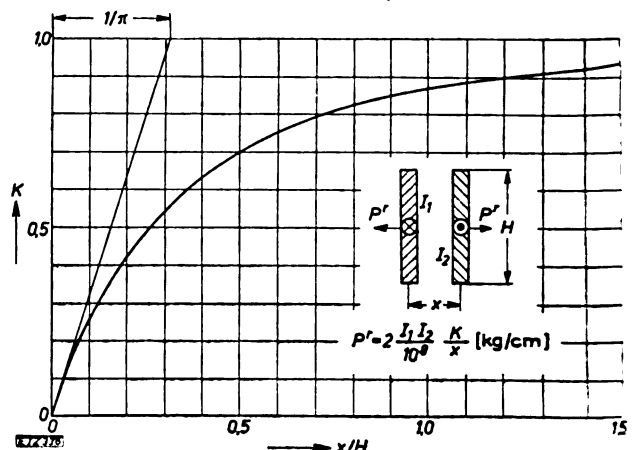


Bild 3. Ermittlung der Radialkraft.

1 z. B. F. Müller: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 47 (1924) S. 679.

hältnis  $x/H$  abhängt und Bild 3 zu entnehmen ist.  $K$  wurde hier als Multiplikator gewählt, um einen endlichen Kurvenverlauf zu erhalten. Für den Korrekturfaktor  $K$  gilt hier die Beziehung

$$K = \frac{x}{H} \left\{ 2 \arctg \frac{H}{x} - \frac{x}{H} \ln \left[ 1 + \left( \frac{H}{x} \right)^2 \right] \right\}. \quad (2a)$$

Bild 3 kann mit Vorteil auch zur Ermittlung der Stromkräfte zwischen Schaltverbindungen benützt werden.

In der Praxis wird die Achsialkraft von Transformatoren häufig zu rd. 10% der auf den gesamten Umfang ( $D_m \pi$ ) wirkenden Radialkraft eingeschätzt und diese selbst bei den praktisch vorliegenden kleinen Verhältnissen  $x/H$  entsprechend dem Näherungswert  $K = \pi x/H$  angenähert nach der Formel (2b) berechnet:

$$P^r = 2 \frac{I_1 I_2}{10^8} \cdot \frac{\pi}{H} \cdot D_m \pi \quad [\text{kg}]. \quad (2b)$$

Während die Radialkräfte von der Wicklung selbst aufgenommen werden (wobei die Wicklung der äußeren Spule auf Zug und die der innen liegenden auf Druck beansprucht wird), müssen die Achsialkräfte von der Abstützkonstruktion aufgefangen werden. Die genaue Erfassung der Achsialkräfte ist daher besonders wichtig.

### 3. Ermittlung der Achsialkraft auf dem Prüfstand

Werden bei einem Transformator mit Anzapfungen in der Spulnmitte die auf die Primärseite reduzierten induktiven Widerstände  $x$  [ $\Omega$ ] in allen Stufen durch die üblichen Kurzschlußmessungen auf dem Prüfstand bestimmt und auf die gleiche volle Windungszahl bezogen, so ergibt sich aus der Veränderung dieser Widerstände  $x_{red}$  unmittelbar der Einfluß der AW-Lücke auf den induktiven Anteil der Kurzschlußspannung.

Im allgemeinen wird eine solche AW-Lücke in Schenkelmittle die Streuspannung vergrößern und damit den induktiven Widerstand  $x_{red}$ . Besitzt die innen liegende Niederspannungswicklung jedoch einen kleineren Jochabstand als die außen liegende Hochspannungswicklung, ist die innere Wicklung also höher, so kann eine durch die Anzapfungen in der äußeren hervorgerufene kleine AW-Lücke u. U. auch den Streublindwiderstand  $x_{red}$  verkleinern.

Denken wir uns nämlich die außen liegende Schiene 1 um den kleinen Betrag  $dm$  in der Mitte auseinandergeschoben, so wird die dabei im Sinne der Achsialkraft geleistete Arbeit  $dA = P^a dm$  [ $\text{kccm}$ ] zur Vergrößerung des magnetischen Energieinhaltes  $L^2/2$  [ $\text{Ws}$ ] um  $dL^2/2 \cdot 10$  [ $\text{kgcm}$ ] verwendet. Durch Gleichsetzen beider Ausdrücke erhält man mit  $x_{red} = \omega L$

$$P^a = 5 i^2 \frac{d\Omega}{dm} = \frac{5}{\omega} i^2 \frac{dx_{red}}{dm} \quad [\text{kg}]. \quad (3)$$

Man kann also aus dem Verlauf der abhängig von der AW-Lücke  $m$  [ $\text{cm}$ ] aufgetragenen Kurve für  $x_{red}$  unmittelbar auf die auftretende Achsialkraft (Druckkraft) schließen und hat damit gleichzeitig ein Mittel an der Hand, auf Ungleichheiten und Fertigungsfehler im Spulenaufbau rückschließen zu können. Bei größeren Transformatoren mißt man die Kurzschlußwerte zweckmäßig schon bei der Vorprüfung außerhalb des Ölkessels, wobei nach Möglichkeit ganze Spulen in Schenkelmittle durch Überbrücken totgelegt werden.

Die nachstehend ausgeführten Berechnungs- und Meßbeispiele mögen die praktische Anwendung des Verfahrens näher erläutern.

### 4. Berechnungs- und Meßbeispiele

1. Beispiel. — Drehstrom-Öltransformator 160 kVA, 35000/400 V, 2,64/231 A.

$H = 48,6$ ,  $h = 46$ ,  $o = 1,3$ ,  $D_m = 20,9$ ,  $d_1 = 2,4$ ,  $x = 3,6$ ,  $e = 2,3$  (Bild 1b).

Die Primärspule besteht aus  $n = 4286$  Wdg./Schenkel, aufgeteilt auf 22 Einzelspulen, von denen jeweils einzelne

in der Schenkelmittle bei der Vormessung überbrückt wurden.

a) Wenn keine AW-Lücke vorliegt ( $m = 0$ ) und der schwächere AW-Belag der Eingangsspulen vernachlässigt wird, errechnet sich die auf die obere Halbspule 1a ausgeübte Achsialkraft aus folgenden Einzelkräften gemäß Gl. (1a) und Bild 2:

Unterer Schienenteil 1

$$I_2 = I/2; (x/H) = 0; (a/H) = 0,5; (d/H) = \frac{2,4}{46} = 0,052$$

$$K = 0,75$$

$$P^a = -2 \frac{I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{46} \cdot \frac{1}{0,75} = -0,029 \cdot 10^{-8} P^r$$

Unterer Schienenteil 1'

$$I_2 = I_2; (x/H) = 9,5/46 = 0,206; (a/H) = 0,5 \quad K = 0,985$$

$$P^a = -2 \frac{I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{46} \cdot \frac{1}{1,17} \cdot \frac{1}{0,985} = -0,0189 \cdot 10^{-8} P^r$$

Unterer Schienenteil 2

$$I_2 = I_2; (x/H) = 3,6/47,3 = 0,076; (a/H) = 23/47,3 = 0,485$$

$$K = 0,84$$

$$P^a = +2 \frac{I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{47,3} \cdot \frac{1}{1,023} \cdot \frac{1}{0,84} = +0,0245 \cdot 10^{-8} P^r$$

Unterer Schienenteil 2'

$$I_2 = I_2; (x/H) = 5,9/47,3 = 0,125; (a/H) = 0,485 \quad K = 0,91$$

$$P^a = +2 \frac{I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{47,3} \cdot \frac{1}{1,0625} \cdot \frac{1}{0,91} = +0,0218 \cdot 10^{-8} P^r$$

Oberer Schienenteil 2

$$I_2 = 1,3/24,3 \cdot I/2 = 0,0535 I/2; (x/H) = 3,6/24,3 = 0,148$$

$$(a/H) = 1,3/24,3 = 0,0535 \quad K = 0,94$$

$$P^a = -2 \frac{0,0535 I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{24,3} \cdot \frac{1}{1,088} \cdot \frac{1}{0,94} = -0,00215 \cdot 10^{-8} P^r$$

Oberer Schienenteil 2'

$$I_2 = 0,0535 \cdot I/2; (x/H) = 5,9/24,3 = 0,243; (a/H) = 0,0535$$

$$K = 1,09$$

$$P^a = -2 \frac{0,0535 I/2 I/2}{10^8} \cdot \frac{2}{24,3} \cdot \frac{1}{1,26} \cdot \frac{1}{1,09} = -0,00164 \cdot 10^{-8} P^r$$

Als Summe erhält man die Achsialkraft

$$P^a = -0,00539 \cdot 10^{-8} P^r \quad [\text{kg/cm}].$$

Mit  $D_m = 20,9$  und  $n = 4286$  wird die gesamte Achsialkraft

$$P^a = -0,00539 \cdot 20,9 \pi \cdot 4286^2 \cdot i^2 = -0,065 P^r \quad [\text{kg}],$$

welche sich wegen des negativen Vorzeichens als innere Druckkraft darstellt.

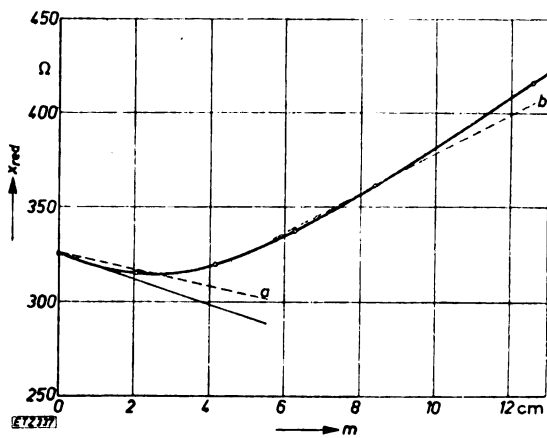
Aus Gl. (3) ergibt sich die Tangente

$$\frac{dx_{red}}{dm} = P^a \cdot \frac{\omega}{5 i^2} = -\frac{0,065 \cdot 314}{5} = -4,08 \Omega/\text{cm}.$$

Tafel 1 zeigt die Durchführung der Messung und die Berechnung des reduzierten Blindwiderstandes  $x_{red}$ . Es wurde

Tafel 1. Einphasige Kurzschlußmessungen.

AW-Lücke		Kurzschlußmessung			Berechnung des Widerstandes			
Spulenzahl	cm	$U_1$ [V]	$I_1$ [A]	$N_1$ [W]	$Z_1$	$r$	$x$	$x_{red}$
0	0	550	1,46	406	376	190	326	326
1	2,1	530	1,54	446	344	188	286	314
2	4,2	514	1,62	460	317	175	264	320
3	6,3	507	1,70	468	298	161	250	335
4	8,4	509	1,80	482	282	148	240	360
6	12,6	517	2,04	522	253	126	220	416



a gerechnete Tangente für  $m = 0$   
b gerechnete Tangente für  $m = 8,4$  cm  
(4 Teilspuln)

Bild 4. Kurve des Widerstandes  $x_{red}$ .

einphasig mit einem konstanten Sekundärstrom von 231 A bei 50 Hz in nur einem Zweige der Zickzackschaltung gemessen.

Bild 4 zeigt den Verlauf der Kurve  $x_{red}$  in Abhängigkeit von der Stromlücke. In Anbetracht des vernachlässigten Einflusses der Eingangsspulen, deren Berücksichtigung die berechnete innere Druckkraft vergrößerte, ist eine befriedigende Übereinstimmung der oben berechneten Tangente für  $m = 0$  festzustellen.

b) Für den Fall, daß die AW.-Lücke 4 Teilspuln ( $m = 8,4$  cm = 18,3%) umfaßt, ergibt die Nachrechnung von 8 Teilkräften eine Achsialkraft von

$$P^a = + 0,162 \text{ J}.$$

Bei einem Stoßkurzschluß-Strom von  $i = 130$  A ergäbe dies eine Achsialkraft von 2,75 t (rd. 10% der Radialkraft von 27 t), welche von der Primärspule auf die Abstützkonstruktion übertragen wird. Aus Bild 4 ergibt sich für diesen Punkt eine Neigung der Kurve  $x_{red}$  von  $+ 11,9 \text{ } \Omega/\text{cm}$ . Nach Gl. (3) erhält man damit die tatsächlich auftretende Achsialkraft zu

$$P^a = + \frac{5 \cdot 11,9}{314} \cdot i^2 = + 0,19 \text{ J}^2$$

entsprechend einer Kraft von 3,2 t beim Stoßkurzschluß-Strom. Die Differenz von etwa 17% gegenüber der Rechnung ist auf Berechnungs-, Meß- und Fertigungsungenauigkeiten zurückzuführen und kann für den erstrebten Zweck als durchaus erträglich bezeichnet werden

2. Beispiel. — Dieses Beispiel aus der Praxis betrifft einen 500 kVA-Transformator für 5000 + 5% / 400 V und zeigt, wie an Hand der Kurzschlußmessung in den 3 Spannungsstufen am bereits fertigen Transformator im Ölkegel noch nachträglich Bearbeitungsfehler einwandfrei erkannt werden können.

Die Messung der Kurzschlußspannung in der Mittelstufe des Anzapfschalters ergab eine unzulässig hohe Überschreitung der vorausgerechneten Kurzschlußspannung, die nur zu einem kleinen Teil in den höheren Abfällen der sekundärseitigen Schaltverbindungen und Durchführungen begründet erschien. Im Wickelzettel war für die Ober- und Niederspannungsspule die gleiche Höhe angegeben, welche auch der Länge des Streukanals bei der Berechnung der Kurzschlußspannung zu Grunde gelegt wurde.

Die Messung der reduzierten Blindwiderstände  $x_{red}$  in den Stufen 1, 2, 3 ergab die Werte 2,33, 2,54, 2,86  $\Omega$ . Da dieser stetige positive Anstieg der Kurve  $x_{red}$  nach dem Vorhergesagten nur möglich ist, wenn die Unterspannungsspule niedriger ist als die Oberspannungsspule, wurde der Transformator zerlegt.

Die nähere Untersuchung ergab, daß diese Spule tatsächlich eine beträchtlich kleinere Höhe als die Oberspannungsspule aufwies, da in der Wickelung die zum Höherausgleich vorgeschriebene Distanzieren zwischen den einzelnen Windungen übersehen worden war. Außerdem wurde bei der Berechnung der Kurzschlußspannung darauf keine Rücksicht genommen, daß für die Höhe des Streukanals nur die reine Spulenhöhe (ohne den Platzbedarf für die Übersteigerung) zu rechnen ist, was bei dem für die Unterspannungsspule verwendeten starken Profilkupfer bereits beträchtlich ins Gewicht fällt. Das Zusammentreffen beider Mängel bewirkte die starke Überschreitung der Kurzschlußspannung, deren Ursache durch die Messung klar erkannt wurde.

#### Zusammenfassung

Korrekturkurventafeln werden angegeben, mit denen man nach der einfachen Formel für die Kraftwirkung zwischen unendlich dünnen Leitern die achsialen und radialen Stromkräfte für Transformatoren mit Zylinderspuln rasch und übersichtlich ermitteln kann. Durch Kurzschlußmessungen in den verschiedenen Stellungen des Anzapfschalters eines fertigen Transformators oder durch Überbrückung einzelner Spulen bei der Vormessung können die berechneten Achsialkräfte überprüft sowie wertvolle Hinweise auf Montageungenauigkeiten und Fertigungsfehler gewonnen werden.

## Kreiselantrieb mit elektrischer Aufladung für Fahrzeuge

DK 621.335 : 629.11 : 531.383

Der Materialmangel während der Kriegsjahre ließ in der Schweiz den Gedanken ausreifen, Fahrzeuge für den Nahverkehr durch Kreisel anzutreiben, die nach Abgabe ihrer Energie durch einen Elektromotor wieder „aufgeladen“ werden<sup>1</sup>. Daß der Materialaufwand und auch das Leergewicht eines solchen Fahrzeugs geringer, allerdings aber auch der Fahrbereich kleiner wird als bei einem Batteriefahrzeug, ist auch bei nur überschlägiger Betrachtung erkennbar. Kreiselfahrzeuge können aber während ihrer betriebsbedingten Haltezeiten, etwa über einen rasch hergestellten Steckeranschluß aus dem üblichen Drehstrom-Niederspannungsnetz in rd. 2 min wieder soviel Energie aufspeichern, daß sie mehrere Kilometer fahren können. Damit ist der Eignungsbereich von Kreiselfahrzeugen bereits einigermaßen abgegrenzt.

Die in einem Kreisel aufspeicherbare Energie ist der Masse und dem Quadrat der Drehgeschwindigkeit verhältnismäßig. Rein theoretisch und bei Vernachlässigung aller

Verluste könnte ein Kreisel von 1 t Gewicht und einer mittleren Umfangaeschwindigkeit von 200 m/s insgesamt  $2 \cdot 10^6$  mkg aufspeichern, was zum Antrieb eines 20 t schweren Fahrzeugs bei einem Rollwiderstand von 5 kg/t (auf Schienen) über 20 km ausreichen würde.

Die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) hat zunächst einen zweiachsigen Zugwagen für den Dienst auf Bahnanschlußgleisen gebaut. Der Kreisel mit senkrechter Achse und oberaufgesetztem Kurzschlußläufermotor ist in ein dicht anliegendes Gehäuse mit Wasserstofffüllung (Verminderung der Reibungsverluste und bessere Kühlung) eingebaut. Am 50 Hz-Drehstromnetz wird er auf rd. 3000 U/min in 2 min hochgefahren. Eine besondere Anordnung sorgt dafür, daß der Motor praktisch nur mit Nennstrom bei einem Leistungsfaktor zwischen 0,8 und 1,0 anläuft, so daß Stöße auf das Netz vermieden werden.

Die Triebmotoren des Fahrzeugs sind als Stufenmotoren ausgebildet und werden mit Frequenzen zwischen 25 und 100 Hz gespeist. Bei Fahrt wirkt der Kreiselmotor als selbst-erregter Asynchrongenerator durch Zwischenschaltung rege-

<sup>1</sup> Nach Neue Zürcher Zeitung (1947) Nr. 1234; Werbeschrift 1486 D der Maschinenfabr. Oerlikon; Rev. gén. Electr., Documentation, 59 (1950) No. 6, S. 91 D.



barer Kondensatoren. Bei dieser Versuchsausführung war die Fahrgeschwindigkeit praktisch verlustlos im Verhältnis 1:5 regelbar. Die Auslaufzeit des Kreisels ohne Energieabgabe betrug 10 h.

Im Fahrbereich eines Kreiselfahrzeugs müssen natürlich Auflademöglichkeiten vorhanden sein. Bei einem Schienenfahrzeug kann das ein Stromabnehmer und ein kurzes Fahrleitungsstück sein, bei einem Straßenfahrzeug ein Mast mit seitlichen Stromschienen. Bei einer fast konstanten Leistungsentnahme von 250 kW, was etwa der Anfahrleistung eines Gleichstrom-Obus entspricht, betragen die Aufladezeiten nach 2, 4 oder 6 km Fahrt nur 35, 70 oder 120 s. Man kann also während der betrieblichen Haltezeiten „nachladen“, ohne auf Linienendpunkte angewiesen zu sein.

Eine Lokomotive beispielsweise für Industriebetriebe oder den Vorortverkehr mit 18 t Eigengewicht kann je Aufladung 600 tkm fördern. Eine selbsttätige Energierückgewinnungseinrichtung trägt zur Nachladung in Gefällstrecken und beim Abbremsen des Zuges bei.

Ein großer Straßenbahnwagen von 20 t Bruttogewicht hat 10 km Fahrbereich auf üblichen Straßenbahngleis. Ein vierachsiger Triebwagen für Vorortverkehr oder für Nebenbahnen kann bei 40 t Bruttogewicht und zwei Kreiseln 15 km mit einer Aufladung zurücklegen. Ein Fahrgastschiff für Binnenseen, das mit vier Kreiseln ausgerüstet wird, hat bei

18 km/h Geschwindigkeit einen Fahrbereich von 10 ... 12 km. Ein Omnibus von 14 t für den Überland-, Vorort- aber auch den innerstädtischen Verkehr kann mit einem Kiesel 6 km zurücklegen, wobei der Energieverbrauch nur rund 6 kWh beträgt. Die Ausnutzung der Oberleitung und der Unterstationen einer Obusanlage vermindert sich ähnlich wie bei der Straßenbahn mit abnehmender Wagenfolge sehr rasch. Die geringeren Anlagekosten für die ortsfesten Teile bei einer Kreiselomnibusanlage ergeben daher bereits bei einer Wagenfolge oberhalb von 5 min einen wirtschaftlichen Vorteil.

Die MPO hat einen Omnibus, in diesem Fall „Gyrobuss“ genannt, von 13 t Leergewicht gebaut. Er faßt 60 Personen, seine Höchstgeschwindigkeit beträgt 60 km/h und der Fahrbereich in der Ebene ist 6 km mit einer Aufladung. Hier läuft der Kiesel in einer Heliumhülle. Er hat 1,5 t Gewicht, einen Durchmesser von 1,66 m und wird in 2,5 min auf 3000 U/min hochgefahren, wobei der Energieverbrauch 10 kWh beträgt. Auch hier wirkt der Kreiselantriebsmotor bei Fahrt als Asynchrongenerator unter Beisaltung von Kondensatoren. Als Fahrzeugantriebsmotor ist ein 24poliger Kurzschlußläufer von 80 PS vorgesehen, der durch Umschaltungen 6 verschiedene Geschwindigkeiten abgibt. Der Gesamtwirkungsgrad wurde zu 60% ermittelt.

Hom

## Induktive dynamische Dehnungsmeßanlage

Von R. Schulz, Berlin

DK 621.317.738 : 531.71

**Übersicht.** Die Forderung nach genauer Kenntnis der in dynamisch beanspruchten Konstruktionsteilen auftretenden Beanspruchungen ist — besonders im Leichtbau — dringlich geworden. Sie läßt sich in vielen Fällen durch rechnerische Hilfsmittel nicht mit genügender Sicherheit erfüllen. Eine dynamische Dehnungsmeßanlage wird beschrieben, mit der die im Betriebe auftretenden Kräfte und Spannungen gemessen werden können.

Der dynamische Dehnungsmesser nach Lehr [1] (Bild 1) wird meist da angewendet, wo es darauf ankommt, an dynamisch beanspruchten Maschinenteilen die auftretenden Dehnungen im vollen Arbeitsbetrieb zu ermitteln. Diese Dehnungen betragen etwa 20 bis herab zu  $1 \mu$  und weniger, sie müssen von einer Oszillographenschleife einwandfrei und ohne Verstärkung aufgezeichnet werden. Die wichtigste Voraussetzung für die Brauchbarkeit eines Meßverfahrens besteht darin, daß die Geber statisch geeicht werden können und daß die so gewonnene Eichung auch für Schwingungsbeanspruchungen mit Frequenzen bis zu etwa 500 Hz gültig bleibt. Weiterhin müssen die betriebsfertig eingebauten Geber jederzeit vor Beginn, während und nach Beendigung der Versuche einfach und zuverlässig nachge-eicht werden können.

### Die Meßanlage

Die geforderten Voraussetzungen lassen sich mit Hilfe der Askania-Dehnungsmeßanlage erfüllen (Bild 2), die nach dem Prinzip einer induktiven Brückenmeßmethode mit

amplitudenmodulierter Trägerfrequenz arbeitet. Zur sicheren Wiedergabe des Modulationsverlaufs, der mit Dehnungsfrequenzen bis 500 Hz auftritt, wurde eine um das 30fache höherliegende Trägerfrequenz von 16 000 Hz gewählt.

Für die Aufzeichnung der Längenänderung wurde ein Elektromagnetsystem entwickelt, dessen Anker mit dem einen Ende und dessen hufeisenförmiger Magnetkörper mit dem anderen Ende der Meßstrecke verbunden wird. Der Geber wird auf Kegelstifte gesetzt, die mit Hilfe einer Lötlehre auf das zu untersuchende Werkstück hart aufgelötet werden. Der Luftspalt des Gebers ändert sich dann entsprechend den Dehnungen der Meßstrecke.

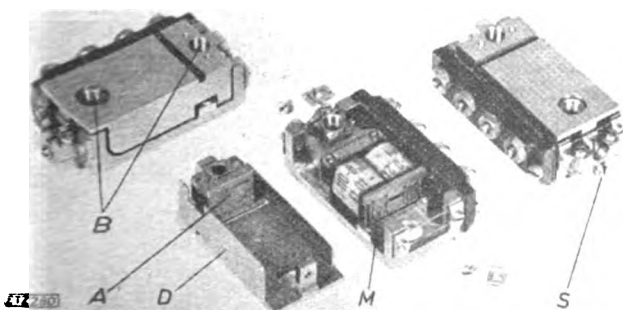


Bild 1. Ansicht des dynamischen Dehnungsmessers.

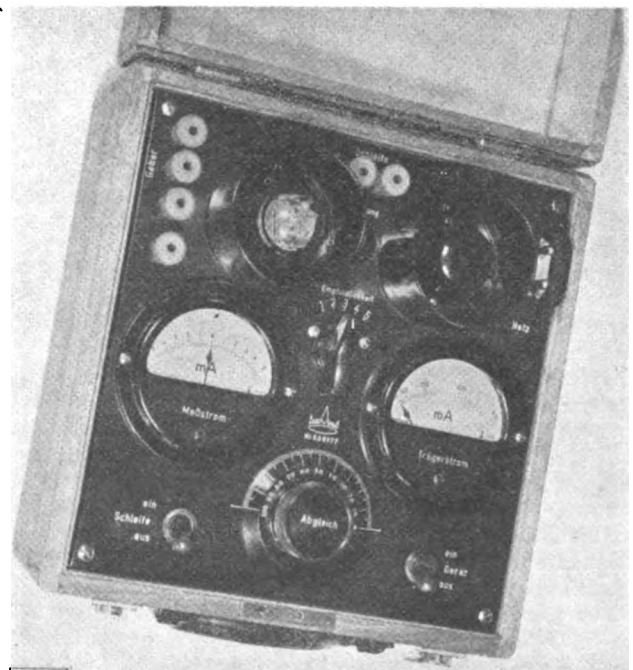


Bild 2. Meßanlage für 1 Geberanschluß.

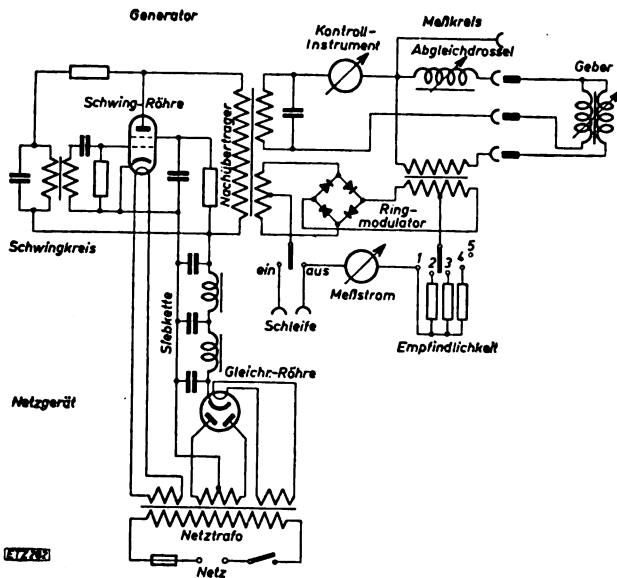


Bild 3. Stromlaufplan der Meßanlage.

Als Stromquelle wurde gegenüber einer früheren Meßanlage [1], bei der als Generator ein Umformer benutzt wurde, gemäß Bild 3 ein Röhrengenerator für einen Einphasen-Wechselstrom von 16 000 Hz gewählt. Auf den beiden Schenkeln des Gebers befinden sich 2 völlig gleiche Wicklungen, deren eine mit einer Abgleichdrossel einen Brückenweig bildet. Der Brückenspeisestrom wird dabei über ein Kontrollinstrument dem Nachübertrager des Röhrengenerators entnommen. Ändert sich während des Meßvorganges die Länge der Meßstrecke, so wird analog der Luftspalt und somit auch die Induktivität des Gebers geändert. Die vorher mit Hilfe der Abgleichdrossel abgegliche Brücke wird in ihrem Gleichgewicht gestört, so daß an ihrem Ausgang eine Wechselfehlspannung mit 16 000 Hz auftritt, die mit der Dehnungsfrequenz amplitudenmoduliert ist.

Über einen weiteren Übertrager ist ein Ringmodulator angeschlossen, der diese Spannung demoduliert. Er erhält eine feste Spannung aus einer 2. Sekundärwicklung des Nachübertragers. Der Ringmodulator gibt somit eine Wechselfspannung ab mit der Frequenz der Dehnung, und einer Amplitude, die der Größe der Dehnung verhältnismäßig ist. Wenn die Dehnungen z. B. eine reine Sinusschwingung darstellen, so wird auch von der Oszillographenschleife eine saubere Sinusschwingung aufgezeichnet. Tritt an der Meßstelle eine mechanische Wechselfspannung auf, die einer statischen Spannung überlagert ist, so wird von der Meßschleife ebenfalls die Grundspannung und, dieser überlagert, die Wechselfspannung aufgezeichnet. Der Nullpunkt ist dann entsprechend dem Spannungsvorzeichen um den statischen Betrag nach oben oder nach unten verschoben. Die Meßschleife ist so träge, daß sie der Trägerfrequenz von 16 000 Hz nicht mehr zu folgen vermag und nur die Modulation anzeigt. Bei langsam verlaufenden Schwingungen des Meßvorganges kann der Meßstrom an einem Strommesser abgelesen werden, der mit der Schleife in Reihe geschaltet ist.

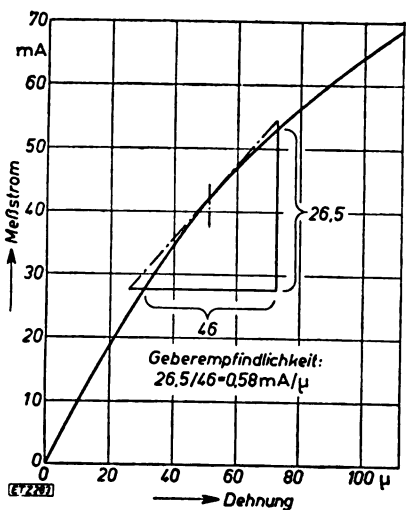


Bild 4. Meßstrom in Abhängigkeit von der Dehnung.

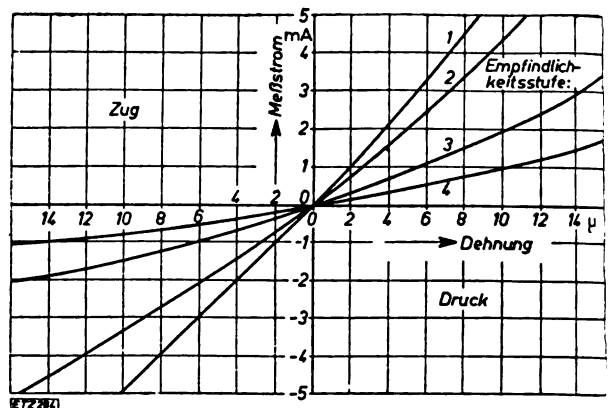


Bild 5. Eichkurven des Dehnungsmessers.

Die Praxis hat gezeigt, daß es vorteilhaft ist, wenn während der Messung die Empfindlichkeit ohne Luftspaltänderung verändert werden kann. Deshalb wurden in den Meßkreis Widerstände eingebaut, die über einen Stufenwechsler in 4 Empfindlichkeitsstufen eingeschaltet werden können. Der oben beschriebene Meßkreis ist über den Nachübertrager an den Röhrengenerator angeschlossen.

Die für den Betrieb erforderliche Trägerfrequenz von 16 000 Hz wird durch einen an das Gitter einer Schwingröhre angeschlossenen Schwingkreis erzeugt. Das Steuergitter ist induktiv an den Schwingkreis, bestehend aus Übertrager und Kondensator, angekoppelt. Beim Einschalten der Anlage entsteht ein Anodenstoß, der den mit dem Ausgang verbundenen Schwingkreis anstößt. Dadurch entsteht eine Energiependelung, deren Frequenz gleich der Resonanzfrequenz des Schwingkreises ist. Dann liegt am Steuergitter eine Spannung, die den Elektronenstrom in der Schwingröhre steuert. Am Nachübertrager liegt somit eine Wechselfspannung, deren Frequenz gleich der Resonanzfrequenz des Schwingkreises ist. Die Anodengleichspannung wird einem Netzgerät entnommen.

**Eichung des Gebers**

Die Empfindlichkeit des Gebers ist von der Größe des Luftspaltes abhängig. Je größer dieser ist, desto kleiner wird die Empfindlichkeit. Bild 4 zeigt den Stromverlauf in Abhängigkeit vom Luftspalt. Dabei stellt die Tangente an die Kurve über dem betreffenden Luftspalt die Geberempfindlichkeit in mA/µ dar. Man nimmt die Eichkurve zweckmäßig bei mehreren Luftspaltwerten für die 4 Empfindlichkeitsstufen auf. Dabei wird der Meßstrom gemäß Bild 5 abhängig von den Teilstrichen auf der Meßuhr des Eichgerätes [2] oder direkt in Bruchteilen von mm, z. B. in µ aufgetragen. Neben den Eichkurven trägt man zweckmäßig auch den Meßstrom abhängig von den Skalenteilen  $T_a$  der Abgleichdrossel auf (Bild 6).

Bild 7 zeigt die Geberempfindlichkeit in mA/µ sowie die Abgleichempfindlichkeit in mA/100  $T_a$  über dem entsprechenden Luftspalt.

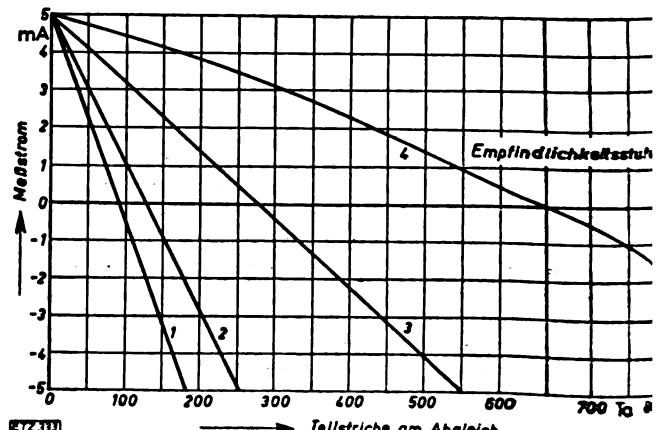


Bild 6. Abhängigkeit des Meßstromes von der Abgleichdrosselstellung.

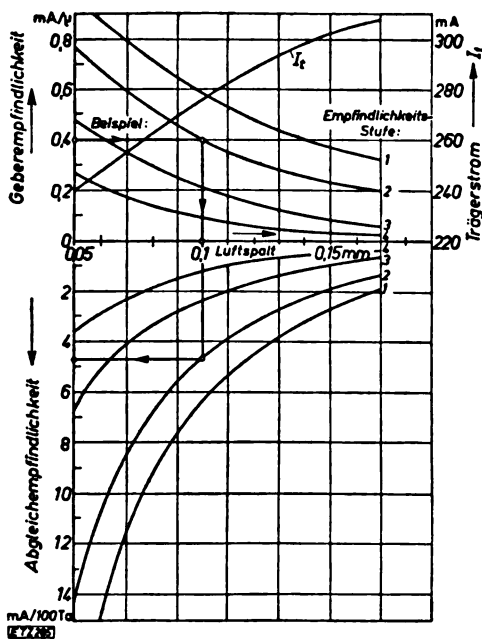


Bild 7. Geber- und Abgleichempfindlichkeit in Abhängigkeit vom Luftspalt.

Die Wahl des Luftspaltes richtet sich demgemäß nach der Größe der zu messenden Dehnung. Wird z. B. eine Längenänderung von ungefähr  $12,5 \mu$  erwartet und soll der Meßbereich der Oszillographenschleife bis zu seinem Größtausschlag von  $\pm 5 \text{ mA}$  ausgenutzt werden, so muß die Geberempfindlichkeit bei etwa  $5/12,5 = 0,4 \text{ mA}/\mu$  liegen. Gemäß Bild 7 ist dann ein Luftspalt von rd.  $0,1 \text{ mm}$  zu wählen, wenn mit der Empfindlichkeitsstufe 2 gearbeitet werden soll. Die Wahl der 2. Empfindlichkeitsstufe ist zu empfehlen, damit bei Bedarf kleinere Dehnungen durch Einschalten der größeren Empfindlichkeitsstufe 1 noch genügend groß aufgezeichnet werden können.

Vor der Messung wird der Geber auf die an der Meßstelle aufgelöteten Kegelstifte gesetzt und der Luftspalt auf die gewünschte Geberempfindlichkeit mit einer Fühllehre eingestellt. Eine Kontrolle hierfür ist gegeben, wenn man die Abgleichempfindlichkeit in  $\text{mA}/100 T_a$  mit derjenigen vergleicht, die für die angestrebte Geberempfindlichkeit nach Bild 7 maßgebend ist. Einen guten Anhalt hierfür bietet der über dem Luftspalt aufgetragene Trägerstrom  $I_T$ . Anschließend wird nochmals die Abgleichkurve aufgenommen.

Der Geber wird jetzt auf das Eichgerät gesetzt und der Luftspalt durch Einstellen des Schlittens mittels Differentialschraube so eingestellt, bis sich wieder die gleiche Neigung der Abgleichkurve ergibt (Bild 6). Nun ist die Gewähr gegeben, daß am Eichgerät genau der gleiche Luftspalt eingestellt ist wie er an der Meßstelle vorhanden war. Man muß stets zusammen mit dem Verbindungskabel eichen. Aus der Beziehung:

$$\sigma = E \cdot \epsilon = E \frac{\Delta l}{l}$$

läßt sich weiterhin die Größe der Spannung ermitteln, die einer Längenänderung von  $\Delta l$  entspricht.

Hierin bedeuten:

$E$  Elastizitätsmodul, z. B. für Stahl  $2,1 \cdot 10^4 \text{ kg}/\text{mm}^2$

$\Delta l$  Längenänderung der Meßstrecke in mm

$l$  = Meßstrecke des Gebers =  $20 \text{ mm}$ .

Nach der Eichung wird der Geber bei abgeschalteter Anlage wieder auf die konischen Stifte der Meßstelle gesetzt. Eine nochmals aufgenommene Abgleichkurve wird mit der während der Eichung aufgenommenen verglichen. Mit der Abgleichdrossel kann jederzeit die Eichkonstante des Gebers ermittelt werden, ohne ihn von der Meßstelle zu entfernen, wenn einmal auf dem Eichgerät geeicht wurde. Zwischen der Einstellung der Abgleichdrossel und der Luftspaltänderung des Gebermagneten besteht eine eindeutige Beziehung. Bei Kontrolleichungen ist die Geberempfindlichkeit ohne weiteres aus der in Bild 7 aufgetragenen Abgleichempfindlichkeit der betreffenden Empfindlichkeitsstufe zu ersehen.

### Zusammenfassung

Die beschriebene Anlage mißt mechanische Schwingungen (Dehnungen) und besteht aus einem Meßgeber und einem Röhrengenerator. Der Meßgeber, bestehend aus einem hufeisenförmigen Magnetkörper und einem Anker, wird mit Kegelstiften an der Meßstelle befestigt. Die Änderung des Luftspaltes zwischen Magnetkörper und Anker ändert die Geberinduktivität. Die Trägerspannung wird durch die Dehnungsfrequenz amplitudenmoduliert, über einen Ringmodulator demoduliert und mit einem Schleifenoszillographen aufgezeichnet.

### Schrifttum

- [1] E. Lehr u. R. Schulz: Dynamische Dehnungsmessungen an einer Lastwagenhinterachse. Autom.-techn. Z. (1942) H. 17.
- [2] E. Lehr: Dynamische Dehnungsmessungen. Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffn. Oberhausen 10 (1943) H. 1.

## Entwicklung und Stand der West-Berliner Elektroindustrie

Von Walther Holtz, Berlin

DK 621.5 : 338 (45)

Für Berlin war von jeher eine Spezialisierung auf bestimmte Industriezweige kennzeichnend. So entfielen vor dem zweiten Weltkrieg etwa 30% der Beschäftigten und 24% des Gesamtabsatzes der Berliner Industrie auf die Elektrotechnik. Mehr als eine Viertelmillion Menschen arbeitete auf diesem Gebiet, davon etwa drei Fünftel in der Industrie und etwa zwei Fünftel im Elektrohandwerk. Im Verlauf eines Jahrhunderts hatte sich Berlin vor allem durch Leistungen eines Werner von Siemens und eines Emil Rathenau zur Zentrale der deutschen Elektroindustrie entwickelt, und die von ihnen gegründeten Großfirmen Siemens und AEG erlangten schon früh Weltruf. Im Jahre 1936 betrug der Berliner Anteil an dem Gesamtabsatz der deutschen Elektroindustrie etwa 48,5% und die Berliner Beschäftigtenzahl sogar 50% aller in dieser Industrie tätigen Personen. In der Glühlampenfertigung (Osram) entfielen sogar

90%, in der Fernmeldetechnik 80% und in der Röhrenherstellung 60% auf Berlin, das auch im Bau von Großmaschinen und Großanlagen sowie in der Herstellung von Kabeln und isolierten Leitungen führend war. Aber auch vielfältige Spezialerzeugnisse bestätigten immer wieder den Ruf Berlins als Elektrostadt.

In den letzten Jahren des Krieges verursachten zahlreiche Luftangriffe und bei der Eroberung Berlins die Erdkämpfe starke Zerstörungen der Fabrikanlagen. Wesentlich schwerer aber war die Auswirkung der Demontagen durch die sowjetische Armee bis zum 1. Juli 1945, dem Beginn der Viermächtebesetzung der ehemaligen Reichshauptstadt. Das Ausmaß dieser Demontagen war unvorstellbar groß und betrug mit vielen hundert Millionen DM ein Vielfaches der unmittelbaren Kriegsschäden. Insgesamt verlor die West-Berliner Industrie durch Krieg und Demontagen durchschnitt-

lich etwa 85% ihrer Kapazität von 1936, jedoch waren die Verluste von Maschinen bei den großen Firmen fast durchweg noch wesentlich höher. Kaum ein einziges Werk blieb verschont, und zurück blieben meist nur Produktionsmittel, die stark reparaturbedürftig waren oder sich in verschütteten Kellern befanden. Auch Werkzeuge, Rohstoffe und Konstruktionszeichnungen wurden entnommen, so daß späterhin vielfach aus dem Gedächtnis gearbeitet werden mußte.

Bald nach Beendigung dieser so einschneidenden Maßnahmen begannen die Enteignungen der im Ostsektor Berlins, in der Ostzone und jenseits der Oder-Neiße-Linie gelegenen Werke, so daß auch hierdurch schwerste Verluste und Produktionskreislauf-Störungen eintraten. Am stärksten wurde die AEG betroffen, die sieben große Betriebe im Sowjetsektor, die Werke Hennigsdorf und Annaberg sowie zahlreiche Verlagerungsbetriebe verlor. Osram büßte sein weltbekanntes Werk D im Ostsektor ein, ist aber trotzdem heute noch oder schon wieder das größte deutsche Glühlampenwerk. Ähnlich war das Bild bei den beiden Siemensfirmen sowie bei Telefunken, Lorenz, De-Te-We und anderen.

Allgemein war die industrielle Lage Berlins im Jahre 1945 gekennzeichnet durch Aufräumungsarbeiten, notwendige Instandsetzung von Gebäuden und Herrichtung der aus den Trümmern geborgenen, meist ausgeglühten oder sonstwie beschädigten Maschinen. Das einzige Kapital vieler Firmen waren Arbeitskraft, Aufbauwille und Erfahrungen der treu gebliebenen Belegschaften; der Bedarf an elektrotechnischen Erzeugnissen war fast ebenso gering wie die Fertigungsmöglichkeiten, und vielfach wurden in den Arbeitsstätten mit primitivsten Mitteln einfache Haushalts- oder Landwirtschafts-Gebrauchsgeräte hergestellt. Immerhin wurde bei Osram schon im August 1945 die erste Glühlampe fertiggestellt. Allgemein aber brachte erst das Jahr 1946 eine stärkere Ausrichtung auf die eigentliche Elektrotechnik und einen Produktionswert von rd. 200 Mio. RM für West-Berlin. Weitere Schwierigkeiten setzten dann ein — der Beginn des wirtschaftlichen Auseinanderlebens von West und Ost, ein starker Kälteeinbruch Anfang 1947, aber trotz der weiter wachsenden politischen Spannungen und des wiederum schweren nächsten Winters konnte Anfang 1948 ein Steigen der Produktionskurve erreicht werden, so daß die Berliner Elektroindustrie im ersten Halbjahr 1948 wieder eine Produktion von rund 200 Mio. RM nachweisen konnte.

Nun aber setzte — schon im April 1948 durch einzelne Abriegelungsmaßnahmen angekündigt — Ende Juni die totale Blockade durch die Sowjetmacht ein und brachte zunächst sofort Stromabschaltungen und eine schematische Kürzung der bis dahin geltenden Stromkontingente, wodurch schwerste Produktionsstörungen entstanden, vor allem bei den kleineren Betrieben. Nach und nach wurden Notmaßnahmen wirksam, die die Produktion im Oktober 1948 auf 33,5 Mio. DM ansteigen ließen. Dem Fortschritt traten aber wachsende Transport- und Absatzschwierigkeiten hemmend entgegen, so daß im Mai 1949 ein Tiefstand von rd. 25,7 Mio. DM Produktionswert erreicht wurde.

Nach Aufhebung der Blockade konnte sich die Elektroindustrie nur sehr langsam erholen — vor allem auch weil inzwischen das natürliche Absatzgebiet des Hinterlandes wegen der politischen Schwierigkeiten und der kursmäßigen Auseinanderentwicklung von West- und Ostmark verloren gegangen war. Erst das vierte Quartal 1949 brachte in verschiedenen Produktionszweigen den Beginn einer erfolgversprechenden Entwicklung, vor allem durch den Bau elektrischer Anlagen für westdeutsche Versorgungsbetriebe, Bergwerke und öffentliche Auftraggeber; auch das Rundfunk-

geschäft entspannte sich sichtlich, während die Lage der Schwachstromtechnik zunächst weiterhin ungünstig blieb. Der Jahreshöchststand von 38,6 Mio. DM wurde im November 1949 erreicht. Seitdem ist eine langsame, einigermaßen stetige Aufwärtsentwicklung zu verzeichnen, und die Produktion der West-Berliner Elektroindustrie ist für 1950 mit rd. 450 Mio. DM anzusetzen (gegenüber etwa 3 Mia. DM der westdeutschen Elektroindustrie).

Die Kurzarbeit, die noch Anfang 1950 vielfach üblich war, ist im wesentlichen verschwunden, und z. Zt. arbeiten in der West-Berliner Elektroindustrie wieder rd. 60 000 Menschen (gegenüber etwa 113 000 im Jahre 1936). ERP-Mittel in Höhe von 54 Mio. DM haben die Entwicklung gefördert, und die maßgebenden Persönlichkeiten sehen zuversichtlich der Zukunft entgegen, nachdem sie sich immer wieder bei den zuständigen Stellen der Bundesregierung und der westdeutschen Wirtschaft um Verständnis für die schwierige Lage West-Berlins und um Zuweisung von Aufträgen bemüht haben. Auch der Nachteil der höheren Produktionskosten West-Berlins konnte durch Rationalisierungsmaßnahmen und Modernisierung des Maschinenparks größtenteils beseitigt werden.

Erhalten geblieben sind der West-Berliner Elektroindustrie vor allem die Großfirmen AEG mit ihrem Hauptverwaltungssitz und mehreren Betrieben, Siemens-Schuckert, Siemens & Halske, Osram mit dem größten deutschen Glühlampenwerk und Telefunken. Auch Firmen wie DTW (Deutsche Telefonwerke), Mix & Genest, die Rundfunkbetriebe Opta-Radio (Loewe) und Blaupunkt, die Kabelfirmen Märkische Kabelwerke und Norddeutsche Kabelwerke, das Hydrawerk (Kondensatoren), die Apparate- und Uhrenfabrik Paul Firchow Nachf. und die Hochspannungsapparate GmbH, E. Neumann sind Berlin treu geblieben.

Dem Verband der Berliner Elektroindustrie gehören z. Zt. annähernd 150 Betriebe an, die nach ihrer Kapazität rd. 90% der in West-Berlin arbeitenden Elektrofirmen darstellen.

Der letzte vorliegende Lagebericht der Abteilung Wirtschaft des Senats von Berlin meldet für den Monat Januar u. a. folgendes: Die Aufwärtsentwicklung der Elektroindustrie setzte sich weiter fort. In einzelnen Fachzweigen traten zwar saisonbedingte Rückgänge in stärkerem Umfang auf, sie wurden jedoch durch Steigerungen auf anderen Fachgebieten nicht nur ausgeglichen, sondern sogar stark überholt.

Im Dezember 1950 stieg die Produktion um rd. 8% auf etwa 54,9 Mio. DM. Damit erreichte die Produktion des Jahres 1950 einen Wert von 478 Mio. DM (gegenüber 361 Mio. DM im Jahre 1949), steigerte sich also gegenüber dem Vorjahr um rd. 32%.

Der Exportanteil an den Lieferwerten betrug im Dezember 1950 5,5 Mio. DM, d. h. etwas über 10% der Monatsproduktion, und lag damit um 40% über dem Wert des Vormonats. Der Gesamtexport der Westberliner Elektroindustrie betrug 1950 über 44 Mio. DM.

Die Monatsproduktion je Beschäftigten steigerte sich gegenüber dem Vormonat um 51,— DM (= 5,6%) auf 958,— DM. Ein Rückgang der Lieferwerte trat besonders im Rundfunkgerätebau auf, während Steigerungen vor allem im Elektromaschinenbau, bei der Drahtnachrichtengeräte-Fertigung und in der Herstellung von Kabeln, isolierten Drähten und Leitungen zu verzeichnen waren.

Die Entwicklung der Auftragseingänge ist im allgemeinen zufriedenstellend; leider treten neuerdings gelegentlich Schwierigkeiten in der rechtzeitigen Beschaffung von Rohstoffen auf.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke

DK 621.311.161

### Das europäische Hochspannungsnetz und der italienische Standpunkt. [Nach Electr. Tms. 117 (1950) S. 499; 1 1/2 S.]

Während die führenden Männer der Industrie und Energiewirtschaft aller europäischen Länder seit längerer Zeit und in vielen Beiträgen die Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit von ausgedehnten, vermaschten Höchstspannungsnetzen, insbesondere von 380 kV-Drehstrom-Freileitungsnetzen für die einzelnen Länder erläutert haben und für den Zusammenschluß zu einem gesamteuropäischen Verbundnetz sprechen, glaubt C. Ciriello, Direktor der Societa Edison-Milano, gestützt auf M. Aillet, Direktor der Electricité de France, die großen Errichtungs- und Erhaltungskosten eines 380 kV-Verbundnetzes sparen und mit weniger Geld durch andere Lösungen praktisch dieselben Vorteile erlangen zu können. Die Vorschläge Ciriellos, der die augenscheinlichen technischen Vorteile eines europäischen Verbundnetzes für die leistungsbedürftigen Industriezentren nicht verkennt, aber wirtschaftliche Nachteile befürchtet, gehen in erster Linie auf den Ausbau der Kraftwerke und der Kraftwerksleistungen, in zweiter Linie auf die Vermehrung der Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Ländern aus.

Bei einseitiger Energielieferung sähe Ciriello nur Vorteile dann, wenn bei Wasserkraftanlagen der Ausbau und der Transport großer Leistungen über das Hochspannungsnetz in ein weit entferntes und ausgedehntes Industrie hinterland sich über eine lange Zeit erstrecken und nicht nur für wenige Jahre gelten würde — wegen Erschöpfung der Wasservorkommen und wachsenden Verbrauches in der näheren Umgebung. Bei Ausnutzung hochwertiger Kohle hält Ciriello den direkten Transport, besonders zu Wasser, für wirtschaftlicher als die Fernübertragung mit hochgespannter elektrischer Energie.

Bei zweiseitigem Energietransport schlägt Ciriello vor, viele Hochspannungsverbindungen zwischen den entsprechenden Netzen der einzelnen Länder zu schaffen, um einen Leistungsaustausch zu ermöglichen (load-shifting-Methode), wobei die Spitzenlastdeckung, die Versorgungssicherheit und die bessere Ausnutzung von Energiequellen anfangs allerdings nicht so voll gewährleistet sein würden wie bei einem Verbundnetz. —

Augenscheinlich hat Ciriello zu einseitig die italienischen Belange gesehen und die Bedeutung des gesamteuropäischen Verbundnetzes gegenüber der der einzelnen Verbundnetze und Fernleitungen zu sehr betont. In einzelnen Ländern (Schweden, Deutschland) liegen die Wasser- oder Kohlenvorkommen weit von den Verbraucherzentren entfernt, so daß der elektrische Transport unerlässlich und auch wirtschaftlich ist, weil er für lange Zeit gültig ist, da der Verbrauch in der Nähe der Energiequellen kaum so anwachsen wird, daß die Hochspannungs-Übertragungsleitungen nicht mehr mit Energie beliefert werden könnten. Ciriello hat ferner übersehen, daß der Leistungsaustausch mit anderen europäischen Ländern erst in zweiter Linie Bedeutung hat, und daß der wachsende Energiebedarf im eigenen Land nicht mehr mit der bloßen Erhöhung der Kraftwerksleistungen gedeckt werden kann, sondern eine weitgehende Verstärkung der bestehenden Netze in einem solchen Ausmaß erfordern würde, daß, wenn überhaupt möglich, technische und andere Schwierigkeiten entstehen und sehr große Kosten auftreten würden. Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, daß in absehbarer Zeit ein europäisches 380 kV-Netz gebaut werden muß, und daß dessen Wirtschaftlichkeit erwiesen ist. (D. Bericht.) Flh

DK 621.311.13.005.1

### Sekundärnetze: Kosten des Hauptsystems. [Nach N. M. Neagle u. R. W. Swarthout: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) H. 5, S. 13; 5 1/2 S., 8 B.]

Wechselstrom-Niederspannungsabnehmer werden im allgemeinen über Dreiphasennetze versorgt (s. Bild 1). Die Kosten hierfür werden weitgehend von den Kosten des Mittelspannungs-(Sekundär-)Netzes beeinflusst, die ihrerseits von der Wahl der Spannung abhängen. Die Verfasser haben eingehende Untersuchungen zur Ermittlung dieser Kosten und der wirtschaftlichsten Sekundärspannung durchgeführt. Der Analyse liegt ein vereinfachtes symmetrisches Niederspan-

nungsnetz zu Grunde mit symmetrisch angeordneten unterirdisch eingebauten Transformatorstationen, sog. Unterpfasterstationen.

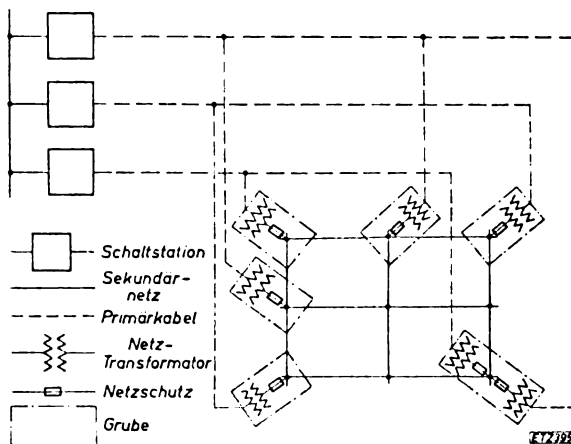


Bild 1. Sekundärnetz.

Die Gesamtkosten des Sekundärnetzes zerfallen in: Kosten des eigentlichen Sekundärnetzes, umfassend die Hauptkabel und einen 500 kVA-Netztransformator, Kosten der Unterstation und Übertragungskosten. Bei Belastungsdichten unter 30 000 kVA/2,59 km<sup>2</sup> und kleinerem Versorgungsgebiet sind die Kosten des Sekundärnetzes bei 5 kV am niedrigsten, während bei höheren Belastungsdichten und größerem Versorgungsgebiet 15 kV die geringsten Kosten verursachen. Die Kosten der Unterstation sind praktisch unabhängig von der Spannung; für größere Niederspannungsnetze ist jedoch die 15 kV-Spannung die wirtschaftlichste. Die Übertragungskosten sind eine Funktion der zu übertragenden kVA und der Entfernung. Bei Entfernungen bis 4 km sind diese Kosten bei 15 kV am geringsten; über diese Entfernung hinaus ist es dagegen wirtschaftlicher, die nächsthöheren Spannungen, also 23 oder 34,5 kV zu wählen.

Die Verfasser kommen zu dem Ergebnis, daß für Sekundärnetze im allgemeinen die 15 kV-Spannung die wirtschaftlichste ist. Sie erfordert ein Minimum an Kabelrohren und Installationskosten, ohne hohe Isolationskosten zu verursachen. Mg

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.56.045

### Drehstrom-Wendemaschinen mit Ankersehnenspeisung.

[Nach J. Prásil: Elektrotechn. Obz. 39 (1950) S. 85.]

In der tschechoslowakischen Patentschrift P 5904/46 und der entsprechenden USA-Patentschrift 2504537 wird von V. Klima vorgeschlagen, zur Verbesserung der Stromwendung bei Drehstrom-Wendemaschinen ohne Wendepole den Anker nicht wie üblich diametral (180°el.), sondern etwas geneigt (< 180°el.) zu speisen. Daher ergibt sich für die normale Phasenzahl 3 das Bild der neuen Bürstenverteilung längs eines Polpaars (Bild 2).

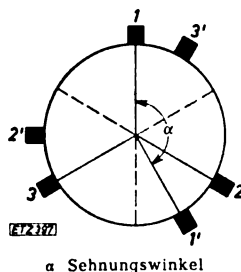


Bild 2. Bürstenverteilung längs eines Polpaars.

Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß selbst bei Durchmesserschritt der Wendwicklung die Zahl der wendenden Nuten erhöht wird, wodurch bekanntlich die Stromwendung erleichtert wird (Käfigwendung nach M. Latour). Diese neue Anordnung bildet nun den Gegenstand einer ausführlichen Arbeit von J. Prásil, die zeigt, wie die Anordnung selbst bei gerader Zahl von Speisestellen sich auf die Verteilung der wendenden Nuten günstig auswirkt, insbesondere dann, wenn man noch zusätzlich die Wendwicklung passend seht. Diese Verhältnisse werden an Hand der Latour-Wicklung (eine Kombination einer Schleifen- und einer Wellenwicklung) untersucht und an einigen Beispielen klargemacht. Das Gorges-Diagramm

zeigt, daß bei der notwendigen Wicklungssehnung die Oberfelder verhältnismäßig klein ausfallen. Es werden weiter einige Maßnahmen, wie z. B. die Vergrößerung der Bürstenbreite und die Verteilung der beiden Latour-Wicklungen bekanntgegeben, die eine weitere Erhöhung der wendenden Nuten bedingen. Anschließend werden die Wenderwicklungen mit Spannungsteilern, wie z. B. die von B. Schwarz, behandelt und die Verhältnisse an einem konkreten Fall erläutert.

Das Hauptanwendungsgebiet des bisher Behandelten sind die ständergespeisten Drehstrom-Wendermaschinen, bei denen die Stromwendespannung besonders hoch und daher ihre Herabsetzung erwünscht ist. Anschließend wird die Anwendungsmöglichkeit der neuen Anordnung auf die läufergespeisten Motoren (Schrage) untersucht. Bei dieser Bauart tritt allerdings eine Schwierigkeit auf, bedingt durch die Sehnung bei dem Wender dadurch, daß die abgegriffene Wenderspannung in der Phase verschoben wird und damit unerwünschte Ströme entstehen. Man muß daher durch entsprechende Anordnungen in der Ständerwicklung die Phasenverschiebung unschädlich machen. Dies bedingt aber eine wesentliche Komplikation der Ständerwicklung und zum Teil auch Fehler, deren Zulässigkeit erst durch die Ausführung bewiesen werden muß.

Zum Schluß wird noch darauf aufmerksam gemacht, daß die neue Anordnung wegen der geringen Bolzenteilung zum Teil Sonderhalter verlangt, die für die Werkstatt unbequem sind.

Soweit der Bericht. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, daß die vorgeschlagene Sehnung auf dem Stromwender und die Sehnung in der Wenderwicklung eine Komplikation darstellen. Hier kann naturgemäß nur die Ausführung — als letzte Instanz — zeigen, ob die in der Arbeit beschriebenen Vorteile die Nachteile der Komplikation überwiegen und ob nicht auch hier, wie in der Technik schon wiederholt erwiesen, die Einfachheit den Sieg davon trägt. Der Referent ist der Ansicht, daß die reine Mehrphasenspeisung wesentlich vollkommener ist, da sie sowohl die Stromwendespannung praktisch beliebig herabsetzt als auch die Stromabnahme wegen der geringen Phasenstromstärke merklich verbessert<sup>1</sup>. Bei der neuen Anordnung sind die genannten Vorteile nur zu einem geringen Teil vorhanden, da der große Phasenstrom bestehen bleibt. Die vom Erfinder und vom Autor ausgesprochenen Befürchtungen bzgl. der Stromverteilung bei der Mehrphasenspeisung sind unbegründet, wie zahlreiche Ausführungen mit 5, 6 oder 12 Phasen gezeigt haben. Auch hat man heute einfache Mittel, um die gleichmäßige Stromverteilung zu erzwingen. Die Arbeit enthält keine Hinweise auf das Schrifttum. Wir ergänzen daher dies durch Hinweis auf das DRP 63658 (Sehnenkurzschluß bei Repulsionsmotoren) und insbesondere auf das Bull. sci. Ass. Ing. électr. Montefiore 12 (1912) Nr. 8/10, in dem M. Latour sehr ausführlich die Stromwendung bei vermehrter Zahl der Speisepunkte behandelt hat. J. Ko.

## Meßtechnik

DK 621.317.1.013.3

**Schirmung in Meßschaltungen.** [Nach E. Samal: Arch. techn. Messen 1950, V 30—4/5; 8 S., 15 B.]

Für eine hohe Meßgenauigkeit sind in Meßschaltungen vielfach Abschirmungen notwendig. Sie sollen die Schaltung gegen von außen kommende Störeinflüsse schützen, die Schaltelemente besser definieren, wie auch die Beeinflussung fremder Stromkreise verhindern, also unerwünschte Kopplungen vermeiden. Je nach Schaltung sollen die Schirme Schutz gegen galvanische, elektrische, magnetische oder elektromagnetische Störungen bieten.

Galvanische Kopplung und Nebenschlüsse, insbesondere die an der Oberfläche fließenden Isolationsströme werden durch einen sogenannten Kriechstromschutz verhindert. Dieser besteht aus einem Leiter, der zwischen die durch Kriechströme gekoppelten Schaltelemente gelegt wird und so mit einem Punkt der Schaltung verbunden wird, daß die Kriechströme an den empfindlichen Meßelementen vorbeifließen.

Elektrische Felder werden durch leitende Schirme abgeschirmt, wobei der Schirm mit einem passenden Punkt der Schaltung zu verbinden ist, der je nach Schaltung sorgfältig gewählt werden muß. Die elektrische Schirmwirkung beruht darauf, daß das Innere einer geschlossenen

Hülle feldfrei bleibt, wenn diese in ein äußeres elektrisches Feld gebracht wird, oder darin, daß ein elektrisches Feld, das sich im Innern einer leitenden Hülle befindet, nicht nach außen dringt, da die Oberfläche eines Leiters eine Niveauläche ist. Für eine elektrische Schirmwirkung ist unbedingt ein Hohlraum oder wenigstens eine Hohlraumbildung erforderlich, weil eine ebene Platte in einem elektrischen Feld garnicht schirmt. Die Anforderungen an elektrische Schirme sind bei niedrigen Frequenzen nur gering, der Widerstand des Schirmmaterials darf nicht so groß sein, daß die Ladungsverchiebungen eine nennenswerte Zeit beanspruchen. Durchbrüche im Schirm sollen wegen des Durchgriffs des Feldes auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt bleiben. Wird nur mäßige Schirmwirkung verlangt, so genügt u. U. schon ein Drahtnetz (Faradayscher Käfig).

Zur Schirmung magnetischer Felder werden zwei gänzlich verschiedene physikalische Effekte herangezogen, je nach dem Frequenzbereich, um den es sich handelt. Zur Schirmung von Gleich- oder niederfrequenten Feldern (bis zu einigen tausend Hertz) wird die Abschirmwirkung von Hüllen aus hochpermeablen ferromagnetischen Stoffen (Eisennickel-Legierungen) herangezogen. Solche Schirme verlieren jedoch mit steigender Frequenz an Wirksamkeit. Der Grund ist das Herausdrängen des in der magnetischen Hülle zusammengedrängten Feldes durch Wirbelströme, die im Hüllenquerschnitt fließen, so wie bei der Feldverdrängung in Transformatorblechen.

Hüllen zur Abschirmung höherfrequenter Felder werden zweckmäßig aus gut leitenden Materialien (Kupfer, Aluminium) hergestellt. Die Schirmwirkung entsteht durch Wirbelströme in der Schirmoberfläche und das dadurch erzeugte magnetische Gegenfeld. Die Schirmwirkung steigt mit der Frequenz an, während bei niedrigen Frequenzen nur eine geringe Schirmwirkung vorhanden ist. Die elektromagnetischen Felder werden ebenfalls mit gutleitenden Hüllen geschirmt.

Die magnetische und elektromagnetische Schirmwirkung läßt sich praktisch ausreichend genau vorausberechnen, wofür in der Arbeit Formeln und Diagramme angegeben werden. Die Originalarbeit bringt zahlreiche Beispiele für das richtige Anbringen von Schirmen in Meßschaltungen. S.

DK 621.317.42 : 621.317.733

**Transportable Meßanlage für schwache Magnetfelder.** [Nach G. Zickner u. E. Blechschmidt: Fernwerktechn. 54 (1950) S. 171; 6 S., 12 B.]

Die Arbeit enthält die praktische Anwendung eines der neuen Spezialwerkstoffe aus der Permalloy-Gruppe zum Nachweis und zur photographischen Aufzeichnung schwacher Felder oder Feldänderungen, stellt also ein neuartiges Registriergerät dar. Das Gerät ist vom Netz unabhängig und daher überall verwendbar, wo es sich um die laufende Beobachtung z. B. von lokalen Störfeldern handelt.

Die magnetische Sonde des Gerätes ist eine Spule mit einem Kern aus Nickel-Eisenblechen, dessen Magnetisierung sich bereits bei geringen Feldänderungen stark ändert. Der Scheinwiderstand der Spule, dessen Größe von der Magnetisierung des Eisenkerns abhängt, sinkt mit zunehmendem und steigt mit abnehmendem Magnetfeld. Die Spule bildet einen Zweig einer Wechselstrombrücke in Maxwellschaltung mit einer Betriebsfrequenz von 100 Hz. Bei unabgeglicherer Brücke gibt die Brückendiagonale einen Wechselstrom ab, der gereinigt, verstärkt und gleichgerichtet einem Galvanometer zugeführt wird. Die Brücke wird zunächst für ein bestimmtes Feld abgeglichen, das dann abgeschaltet wird. Hierdurch wird die Brücke verstimmt, liefert also einen Strom durch das Galvanometer und durch eine zweite Wicklung der Sonde; somit entsteht wieder ein Feld, das zu einer Annäherung an das Brückengleichgewicht führt. Hierdurch sinkt der Brückendiagonalstrom wieder, damit das zusätzliche Gegenkopplungsfeld, und das Brückengleichgewicht entfernt sich von neuem. Der Vorgang wiederholt sich so lange mit abnehmender Amplitude, bis die Brücke auf einen Mittelwert eingestellt ist. Damit dieser erhalten bleibt, muß das von der zweiten Wicklung erzeugte Feld etwaige Änderungen des Außenfeldes ausgleichen. Die Stromstärke in der zweiten Wicklung oder der Galvanometerausschlag sind somit ein Maß für die Änderungen des Störfeldes. Da die Stromänderungen klein sind, wird zur Erhöhung der Meßempfindlichkeit der Ruhestrom durch das Galvanometer kompensiert; der Galvanometerausschlag wird dadurch zugleich feldrichtungsabhängig. 3 Sonden.

<sup>1</sup> s. ETZ 53 (1932) S. 431.



senkrecht zueinander angeordnet, liefern die Raumkomponenten des Störfeldes. Die 3 Registriergalvanometer sind zusammen in einem einzigen Gehäuse angeordnet. Sie arbeiten gemeinsam auf eine photographische Registriertrommel.

Die Empfindlichkeit wurde auf 1 mOe je Skalenteil eingeregelt, läßt sich aber ohne Schwierigkeit nach beiden Richtungen wesentlich verändern. Eb

DK 621.398.083.7

**Ein Meßwertumformer nach dem Frequenzverfahren.** [Nach R. Burgholz: Arch. techn. Messen J 86—1, Juli 1950.]

Zu übertragende Meßwerte werden in Frequenzen umgewandelt, die von der Zeigerstellung abhängen. Dazu benutzt der Verfasser eine umlaufende Walze mit einer größeren Anzahl in Achsenrichtung nebeneinander liegender Kontakte, über denen der Meßwerkzeiger spielt. Jede Kontaktscheibe schaltet einen mit umlaufenden Kondensator ein, der seinerseits die erzeugte Frequenz bestimmt. Bei 20 Kontakten ist der ganze Meßbereich also in 20 Intervalle aufgeteilt, so daß die Meßwerte mit einer Unsicherheit von  $\pm 2,5\%$  übertragen werden. Der Meßwert wird auf der Empfangsseite durch einen Frequenzmesser wiedergegeben. Durch Anordnen mehrerer Kontaktzeiger um die Walzen herum können bis zu 4 Meßwerte gleichzeitig übertragen werden. FM

## Elektrochemie

DK 621.357.9 : 621.923.7

**Elektrolytisches Polieren.** [Nach Metalloberfläche 4 (1950) Heft 6.]

Nach den ersten Arbeiten von P. Jacquet hat das anodische Glänzen<sup>1</sup> steigendes Interesse gefunden. Die technische Anwendung ist jedoch noch im Anfangsstadium und vielfach herrscht über die Möglichkeit noch Unklarheit. Das anodische Glänzen ist keinesfalls berufen, das mechanische Polieren zu ersetzen. Seine Eingliederung in den Fabrikationsgang kann aber vielfach umständlichere Arbeitsgänge einsparen. Daneben verbessern sich u. U. die Werkstoffeigenschaften, was zu technischen Vorteilen führt.

In einem Sonderheft der Metalloberfläche schildert P. Jacquet nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung und die Arbeitsweise an Hand des Schrifttums die verschiedenen technischen Möglichkeiten des anodischen Glänzens. Es kann an Stelle des mechanischen Polierens nur bei entsprechender Qualität des Werkstoffes gebraucht werden. Erfolgreich wird es zu diesem Zweck bei rostbeständigem Stahl eingesetzt. Vielfach ist es aber zweckmäßig, es nicht als letzten Arbeitsgang, sondern an geeigneter Stelle während der Verarbeitung einzusetzen. Die Möglichkeit, durch das elektrolytische Glänzen Maximalwerte der Reflexion zu erreichen, macht dieses Verfahren für Reflektoren besonders interessant. Bewährt hat sich das elektrolytische Glänzen sodann als Vorbehandlung vor dem Galvanisieren zur Gewinnung möglichst porenfreier, korrosionsbeständiger Überzüge. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß entstandene Deckschichten vor dem Galvanisieren beseitigt werden müssen. Die Feinstbearbeitung durch anodisches Glänzen (elektrolytisches superfinish) ist für bestimmte Anwendungsgebiete (z. B. Motorenindustrie) von Bedeutung. Der Einfluß auf die Ermüdungsfestigkeit ist nicht eindeutig, teilweise wurde eine starke Steigerung festgestellt. Die Oberflächenkontrolle zur Ermittlung von Fehlern wird wesentlich erleichtert. Der Reibungskoeffizient ist kleiner als bei mechanisch bearbeiteten Oberflächen und bleibt im Gebrauch konstant.

Die Glättung der Oberfläche, welche gleichzeitig mit einer Reinigung verbunden ist, vermindert die Kaltmission und wirkt sich daher günstig in der Röhrentechnik aus. Die Leitfähigkeit für hochfrequente Ströme wird durch anodisches Glänzen erhöht. Bei Permalloy (76% Ni) wurde eine Abnahme der Verluste durch Foucaultsche Ströme und eine Erhöhung der Permeabilität festgestellt. Wolframkontakte weisen nach anodischem Glänzen geringeren Widerstand auf, außerdem löscht der Lichtbogen rascher.

Weiterhin kann das anodische Glänzen bei der Herstellung von Präzisionsstellen dank der scharf kontrollierbaren Querschnittsabnahme angewendet werden. Trennung dicker Bleche usw. durch Schneiden und Sägen wird durch gleichzeitige anodische Behandlung beschleunigt. Zur Herstellung feiner Spitzen ist das anodische Glänzen besonders geeignet. Auch das Löten und Schweißen werden erleichtert.

<sup>1</sup> Über das Verfahren selbst vgl. H ä c k e r : ETZ 71 (1950) S. 19.

E. Raub und B. Wullhorst berichten über das anodische Glänzen von Silber, das einzige in der Technik eingeführte Verfahren, bei dem nicht in einem sauren, sondern in dem cyanidischen Elektrolyten gearbeitet wird. Die im Jahre 1941 ausgearbeiteten Grundlagen werden erörtert. Praktisch wichtig wurde das anodische Glänzen nur für galvanische Silberniederschläge.

W. Eilender, R. Mintrop und R. Au stellen in einer Arbeit über Stahl und Stahlegierungen fest, daß das anodische Polieren einen vollen Erfolg nur bei rostfreien Stählen gebracht hat. Bei den übrigen Stählen sind als Nachteile lochförmige Anfrassungen und eine allgemeine makroskopische Aufrauung hervorzuheben. Durch Lokalelemente bei den heterogenen perlitischen Stählen kommt es zu einer ungleichmäßigen anodischen Auflösung. Vorteile ergeben sich trotzdem durch das anodische Glänzen bei der Vorbereitung für das Galvanisieren. U. U. können auch Gegenstände, die nicht elektrolytisch plattiert werden sollen, mit Erfolg anodisch gegläntzt werden. Die Perchlorsäure-Essigsäureanhydrid-Bäder, die am besten arbeiten, sind wegen ihrer Explosionsgefahr technisch nicht brauchbar. Die technischen Bäder arbeiten auf Schwefelsäurebasis mit verschiedenen Zusätzen. Rb

DK 621.315.615.2 : 620.193.91

**Peroxybestimmung während der künstlichen Alterung von Isolierölen mit Kupferkatalyt.** [Nach M. Zürcher und J. Lüder: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 511; 4 S., 3 B.]

Das Verhalten eines Isolieröles im Betrieb ist abhängig von seiner Alterungsneigung. Um über sie Voraussagen zu machen, wurden kurzzeitige Alterungsverfahren ausgearbeitet, die die Verhältnisse der Betriebsalterung modellmäßig nachahmen. In der Schweiz ist die Alterungsmethode im Publ. Nr. 124 des SEV festgelegt. Nach 3 und 7 Tagen werden bei dieser Methode die Schlammbildung, die Säurezahl und die Reißfestigkeit eines im Öl lagernden Baumwollfadens bestimmt. Die zersetzende Wirkung der Peroxyde auf die Zellulose greift den Baumwollfaden an.

Nun wird eine Methode beschrieben, die die Bestimmung der sich bildenden Peroxyde direkt zuläßt. Bei der Bestimmung der „Peroxydzahl“ handelt es sich im Prinzip um die Oxydation von Ferro-Ion zu Ferri-Ion, das kolorimetrisch mit Rhodan-Ion nachgewiesen wird. Die Brauchbarkeit dieser Bestimmungsart wurde an verschiedenen Isolierölen untersucht und es hat sich gezeigt, daß die laufende Messung der Peroxydzahl dieselben Schlüsse zuläßt wie die Bestimmung der Reißfestigkeit am Baumwollfaden.

In jüngster Zeit versucht man nun, das metallische Kupfer als Katalyt durch öllösliche Kupfersalze zu ersetzen. Auch für diese Art der Alterung wurde die Brauchbarkeit der Peroxydbestimmung als Kriterium der Alterungsneigung untersucht und es zeigte sich, daß das im Öl gelöste Kupfersalz die Peroxydbestimmung nicht stört. Einen merklichen Einfluß auf die Bildung von Peroxyden hat jedoch die Menge des zugesetzten Kupfersalzes. Der Zusatz von viel Kupfersalz zersetzt sofort wieder die Peroxyde autokatalytisch, während die Zugabe von wenig Kupfersalz die Peroxydbildung ähnlich wie bei der normalen Alterung verlaufen läßt. Es gibt also eine optimale Salzkonzentration, bei der sich ein Maximum von Peroxyden bildet. Dieses Optimum liegt bei rd. 0,01 g Salz je 1000 g Öl.

Die Versuche mit öllöslichen Kupfersalzen als Katalyt stehen erst am Anfang; ein erfolgreicher Abschluß wäre jedoch sehr zu begrüßen, da sie den Vorteil einer sehr genauen Dosierung des Katalysators bieten. Wö

## Fernmeldetechnik

DK 621.395.3.005

**Zweckmäßigste Entwicklung der Fernsprech-Wählertechnik.** [Nach M. Langner: Elektrotechn., Bln., 4 (1950) H. 7, S. 251; 3 S.]

Nur ein planmäßiger Aufbau aller Teile des Fernsprechbetriebes ergibt die größte Wirtschaftlichkeit über einen großen Zeitraum. Dies gilt für alle Teile der Einrichtungen, also für die Vermittlungsstellen und die Leitungsnetze im Orts- und im Fernverkehr. Als größter Einflußposten sind die Orts- und Fernnetze bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung besonders sorgfältig zu behandeln. Meist wird für die Planung ein Zeitraum von 25 Jahren zu Grunde gelegt.

Für die Entwicklung im Ortsverkehr kann man die Zahl der Teilnehmer, der erforderlichen Leitungen und der notwendigen Wähler auf Grund des bisherigen jährlichen Zuwachses nach der Zinseszinsformel bestimmen. Hiernach sind die Erweiterungen der Räume, der Netze und der Wähleranlagen zu planen. Üblich ist es, für die Erweiterungen der Räume 10 Jahre und für die Erweiterungen der Netze und Wählereinrichtungen 3... 5 Jahre vorzusehen. Dezentralisation der Teilnehmerleitungen im Ortsnetz hat sich bewährt, weil dadurch der Aufwand für die Teilnehmerleitungen gering wird. Teilnehmer- und Verbindungsleitungen müssen zusammen Mindestkosten erreichen und sind gegenseitig abzuwägen. Als allgemeine Richtlinie wird angegeben, daß bei  $10^5$  und mehr Teilnehmern je Ortsnetz Ämter mit  $10^4$  Anschlüssen vorteilhaft sind, während bei  $10^4$  Teilnehmern Ämter mit  $10^3$  Anschlüssen empfehlenswert sind. Zur Verminderung des Leitungsanteils ist der zweidrige Verkehr in großen vollkommenen Bündeln auf den Verbindungsleitungen empfehlenswert; er bringt 33% Ersparnis an Verbindungsleitungen, während vollkommene 100er Bündel gegenüber unvollkommenen Bündeln etwa 40% Ersparnis ergeben. Das Wähler-Ortsystem muß schon auf den Fernverkehr Rücksicht nehmen, außerdem möglichst einfach sein und gute Verständlichkeit ergeben, große Geschwindigkeit zulassen, anpassungsfähig sein und Erweiterungs-möglichkeit haben. Bei harter Arbeitsweise wird Geräuschfreiheit nur durch eine sorgfältige Kontaktbankpflege oder ohne diese Pflege durch Einführung der elastischen Arbeitsweise mit Motorwähler erreicht.

Auch im Fernverkehr läßt sich die Zahl der notwendigen Fernleitungen und Wählereinrichtungen auf Grund des bisherigen jährlichen Zuganges nach der angepaßten Zinseszinsformel ermitteln; in dieser Hinsicht unterscheiden sich Orts- und Fernverkehr also nicht. Da Erweiterungen meist bedeutsame Kapitalaufwendungen erfordern, sind Reserven und Erweiterungen sorgfältig gegeneinander abzuwägen. Im Fernnetz überwiegt der Aufwand für die Fernleitungen weit den für Vermittlungseinrichtungen. Es ist zweckmäßig, den Aufbau großer Fernnetze der Bedeutung der verschiedenen Fernleitungen anzupassen; dabei werden am besten 4 Netzebenen entsprechend einer Welt-Fernnetzebene, Durchgangs-Fernnetzebene, Verteiler-Fernnetzebene und End-Fernnetzebene in Gruppen zusammengefaßt gebildet. In diesen Ebenen werden künftig nur noch vier Drahtleitungen verwendet. Wichtigste Aufgabe ist die bestmögliche Ausnutzung kostbarer Fernleitungen mit nützlicher Gesprächszeit und nicht mit Verlustzeiten. Werden in allen Wählerfernmätern einheitliche Ferngruppenwähler mit unmittelbarer Einstellung ohne Speicherung der Nummernstromstöße verwendet, so sind die Betriebsbedingungen einfach. Die Gebühren werden zweckmäßig durch Zeitzonenzähler ermittelt und auf den Teilnehmerzähler verrechnet oder durch einen Gebühreanzeiger angezeigt und von Hand oder durch Drucker übertragen. Wegen ihrer Geräuschfreiheit haben sich Motorwähler sehr bewährt. Für künftige Planungen erscheint es zweckmäßig, Wählerorts- und Wählerfernsystem aus einheitlichen Bauteilen nach gleichen Grundsätzen auszubilden.

DK 621.385.16 : 621.316.728

**Der Elektronenkoppler.** [Nach C. L. Cuccia und J. S. Donald: Electronics 23 (1950) S. 80.]

Der „Elektronenkoppler“ stellt eine zur Intensitätssteuerung größerer Hochfrequenzenergien im Dezimeterwellen-Gebiet geeignete Laufzeitröhre dar, bei der ein Elektronenstrahl zwei hintereinander angeordnete Hohlraumresonatoren durchläuft, die ein axial gerichtetes Magnetfeld besitzen. Durch Zusammenwirken des elektrischen und magnetischen Feldes im Hohlraumresonator führen die Elektronen eine kreisförmige Bewegung um die Achse aus, wenn die Betriebsspannungen so eingestellt werden, daß ein Elektronenaufprall an den Wandungen des Eingangresonators vermieden wird. Im ersten Hohlraumresonator wird also die Hochfrequenzenergie in kinetische Energie umgewandelt und die Aufgabe des zweiten Hohlraumresonators besteht darin, eine mehr oder weniger vollkommene Rückumwandlung der kinetischen Energie der eintretenden Elektronen in Hochfrequenzenergie durch Influenzwirkung durchzuführen. Da die Größe der dem Elektronenstrahl zu entziehenden Hochfrequenzenergien von der Elektronenbewegung und diese u. a. von dem Gleichspannungspotential des zweiten Hohlraumresonators abhängt, so kann die Amplitude der

Hochfrequenzspannung am Ausgang des Elektronenkopplers durch Verändern der Beschleunigungsspannung des zweiten Hohlraumresonators gesteuert werden. Infolge des fast linearen Zusammenhangs zwischen Ausgangsspannung und Beschleunigungsspannung läßt sich der Elektronenkoppler als Steuerglied zur Amplitudenmodulation von Sendern benutzen. Bei einer Versuchsausführung konnte im ersten Hohlraumresonator eine Hochfrequenzenergie von fast 1 kW in den Elektronenstrahl überführt werden und für eine Änderung der Ausgangsspannung des zweiten Hohlraumresonators um 100% war eine Gleichspannungsänderung von 520 V auf 1700 V erforderlich.

DK 621.394.645.33 : 534.851

**Vorverstärker mit Entzerrer für Schallplatten-Wiedergabe.** [Nach Ch. Boegli: Radio a. Television News 44 (1950) Juli, S. 37.]

Die bisher üblichen Tonabnehmer in den USA hatten eine Ausgangsspannung von etwa 0,5 V, die den Niederfrequenzteil von Rundfunkgeräten voll aussteuerte. Neuartige magnetische Tonabnehmer mit nur 10 mV Ausgangsspannung erfordern Vorverstärker, die auch Entzerrungsglieder enthalten können, um den Frequenzgang des Abnehmers auszugleichen. Es wird nun vorgeschlagen, ebenfalls entzerrende Netzwerke zu verwenden, um den verschiedenen Aufnahmecharakteristiken der einzelnen Schallplattensysteme Rechnung zu tragen, wie sie aus der Tafel 1

Tafel 1. Aufnahmecharakteristiken verschiedener Schallplattensysteme.

	Tiefe Lagen gedämpft abwärts von Hz	Lagen angehoben abwärts von Hz	Hohe Lagen angehoben aufwärts von Hz	Neper je Oktave
Übliche europ. Aufn.	250	—	—	—
Ältere Ver. Staaten	500	—	—	—
Einige europ. Aufn.	1000	—	—	—
N. A. B. (Capitol, MGM)	500	—	1590	- 0,7
Columbia LP 33 1/3	500	100	0,35 Np	- 0,7
Columbia 78	300	—	1590	- 0,7
RCA-Victor 78	550	—	1000	- 0,3
Decca tfr	400	—	3000	- 0,35

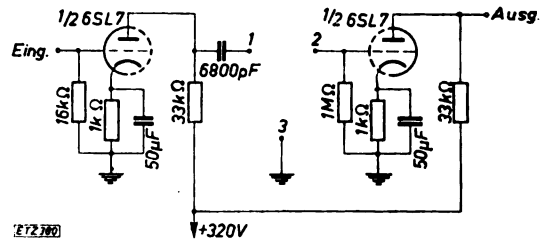


Bild 3. Vorverstärker mit Doppeltriode hoher Steilheit.

erkenntlich sind. Wegen der hohen Dämpfung dieser Netzwerke wird der Vorverstärker auch beibehalten, wenn Kristalltonabnehmer eingesetzt sind, und es erweist sich als zweckmäßig, die Entzerrer erst nach der ersten Stufe zu verwenden, um den Störpegel klein zu halten. Aus dem gleichen Grunde soll der Zusatzverstärker möglichst dicht an den Plattenspieler herangebracht werden.

Das Bild 3 zeigt die Schaltung eines solchen Verstärkers mit einer Doppeltriode hoher Steilheit. Der Gitterableitwiderstand am Eingang ist mit 16 kΩ angegeben und ist für Kristallabnehmer richtig. Für magnetische Tonabnehmer muß er u. U. geändert werden. Mit den Punkten 1, 2 und 3 werden die Entzerrungsglieder verbunden, von denen drei Beispiele in Bild 4 wiedergegeben sind: a) für europäische Pressungen, b) für 78 U/min-RCA-Victor-Aufnahmen und c) für Columbia-LP, 33 1/3 U/min-Langspiel-Platten.

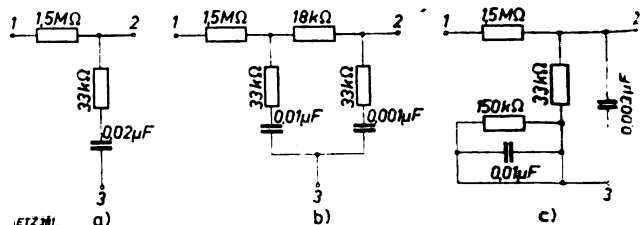


Bild 4. Verschiedene Entzerrer-Netzwerke

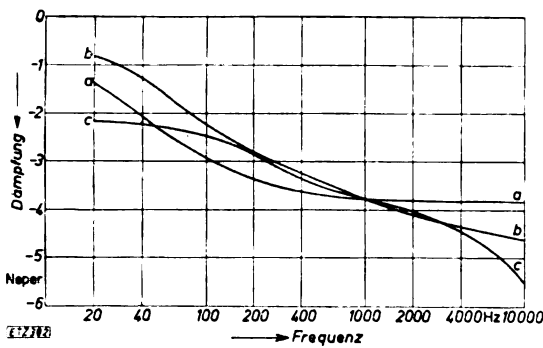


Bild 5. Dämpfungskurven für die Entzerrer in Bild 4.

Die Charakteristiken der Entzerrer sind in Bild 5 dargestellt; sie zeigen die übliche Dämpfung der Bässe und bei manchen eine Anhebung in den hohen Lagen. Die Kurven überschneiden sich etwa bei 1000 Hz, um wesentliche Lautstärkeänderungen beim Umschalten zu vermeiden. *Wmm*

Physik

DK 537.312.62

Die Verschiedenheit der Supraleitfähigkeit bei verschiedenen Isotopen. [Nach Iron Age 166 (1950) S. 82.]

Die Arbeit berichtet über parallel laufende Versuche im National Bureau of Standards und in der Rutgers University, wonach die einzelnen Quecksilberisotope (das normale Quecksilber ist ein Gemisch aus 5 Isotopen mit dem mittleren Atomgewicht 200,6) verschiedene Sprungpunkte der Supraleitfähigkeit (Verlust des elektrischen Widerstandes bei tiefen Temperaturen) besitzen. So soll das Isotop 198 bei einer um 0,2° höheren Temperatur supraleitend werden als das natürliche Quecksilber. Die bisherige Theorie der Supraleitung schreibt die Erscheinung der Elektronenhülle außerhalb des Atomkernes zu. Da die verschiedenen Isotopen desselben chemischen Elementes sich aber ausschließlich durch die verschiedene Kernmasse unterscheiden, dürften die beschriebenen Ergebnisse klar auf einen Kerneffekt der Supraleitung hinweisen, dessen theoretische Erklärung noch aussteht. *Fbch*

DK 621.585.16.002.2

Konstruktionshinweise für kleine Zyklotrons. [Nach Nucleonics 7 (1950) S. 72; 8 S., 5 B.]

Der Bericht (der auf der Arbeit UCRL—476 des Strahlungslaboratoriums der California-Universität — Verfasser L. Wouters — basiert) bringt praktische Unterlagen zu den hauptsächlich Entwurfs- und Herstellungsproblemen in allgemeiner Form und erläutert diese für ein Zyklotron mit 6" Polkerndurchmesser. Besprochen werden der Reihe nach der Entwurf des Magnetgestelles, die Magnetanregung, der Aufbau der Beschleunigungskammer, der Hochfrequenz-erzeuger, die notwendigen Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen und die Inbetriebnahme. Der Aufbau des Magnetgestelles und der Beschleunigungskammer sowie ihrer Unterteile wird durch zwei Konstruktionsskizzen klar gezeigt. Ein Bild zeigt das Schaltschema des Hochfrequenz-erzeugers, ein weiteres in schematischer Form die Anordnung und Schaltung der betriebsfertigen Gesamtanlage. *Ve*

Werkstatt und Baustoffe

DK 538.221

Über magnetische Eigenschaften von Platin-Eisen-Legierungen. [Nach A. K u b m a n n u. G. G r f n. v. R i t t b e r g: Ann. Phys. 7 (1950) S. 173; 8 S.]

Die Platin-Eisen-Legierungen weisen durch das Nebeneinander von Legierungsbereichen gegensätzlichen Verhaltens eine außerordentliche Mannigfaltigkeit ihrer physikalischen Eigenschaften auf.

Die Sättigungswerte der Fe-Pt-Legierungen steigen im  $\alpha$ -Gebiet bis etwa 10 At-% Pt etwas an und sinken beim  $\alpha$ - $\gamma$ -Phasenwechsel bis nahezu Null. Im  $\gamma$ -Gebiet steigen die Sättigungswerte wieder steil an, um mit weiter zunehmendem Pt-Gehalt bis auf Null bei etwa 70 At-% Pt abzunehmen. — Die Überstrukturphase Fe<sub>3</sub>Pt, deren Existenzbereich sich in das irreversible  $\alpha$ - $\gamma$ -Umwandlungsgebiet

herein erstreckt, ist ferromagnetisch mit einem über 100 °C höheren Curie-Punkt, aber nur geringfügig höherer Sättigung als der  $\gamma$ -Mischkristall. Der Übergang in den geordneten Zustand erfolgt durch Anlassen bei 600 °C in homogener Phase. — Die Sättigungsmagnetisierung der Phase FePt ist geringer als die des  $\gamma$ -Mischkristalles gleicher Zusammensetzung, so daß im Gebiet von etwa 65 ... 85 Gew.-% Pt durch Anlassen der Sättigungswert bedeutend gesenkt wird. Da sich die Bildung der Phase FePt heterogen vollzieht, werden in allen Zwischenzuständen die Curie-Punkte beider Phasen nebeneinander beobachtet und zwar liegen die Curie-Punkte der Verbindung um etwa 100° höher. Es konnte ein deutlicher Knick im Temperaturverlauf der Curie-Punkte zwischen den Phasen Fe<sub>3</sub>Pt und FePt beobachtet werden. Im Gebiet mit Pt-Gehalten oberhalb 85 Gew.-% ist nur noch ein Curie-Punkt und Sättigungswert vorhanden. — Legierungen, die höchste Koezitivkraft ( $H_c$  bis 1900 Oe) und Sättigungswerte ( $4\pi I_{\infty}$  bis 9400 G) vereinigen, wurden um 40 At-% Pt gefunden. Der Energiewert im günstigsten Arbeitspunkt kommt mit  $(B \cdot H)_{max} = 3,3 \cdot 10^6 \text{ G} \cdot \text{Oe}$  den magnetfeld-geglühten Alnico-Stählen nahe. Wegen der hohen Koezitivkraft eignen sich diese Legierungen besonders für Kleinstmagnete mit freien Enden und sehr ungünstigen Dimensionsverhältnissen und sind für Vibrationsgalvanometer bereits verwendet worden. — Besonders hohe Magnetostriktionen wurden an den Legierungen der Invar-effekte bei 25 ... 35 At-% Pt gemessen und zwar erwies sich die Magnetostriktion als Volumeneffekt. Der Verlauf der Sättigungsmagnetostriktion in Abhängigkeit von der Zusammensetzung gleicht dem im System Fe-Ni mit einem Maximum bei etwa 62 Gew.-% Pt. Die Absolutbeträge mit rd.  $180 \cdot 10^{-6}$  sind die höchsten bisher an ferromagnetischen Stoffen gemessenen Werte der Längsmagnetostriktion. — Im Bereich zwischen 94 und 98 Gew.-% Pt tritt nochmals Ferromagnetismus auf. Der Curie-Punkt dieser Legierungen liegt nahezu einheitlich bei -100 °C. Eisenreiche Legierungen zeigen wieder ein paramagnetisches Verhalten und werden erst bei zunehmendem Fe-Gehalt ferromagnetisch. Eine geordnete Atomverteilung konnte hier nicht nachgewiesen werden. *Rr*

DK 539.21 : 669.018

Die Eisen-Platin-Invarre und ihre Ausdehnungsanomalien. [Nach A. K u b m a n n, M. A u w ä r t e r u. G. G r f n. v. R i t t b e r g: Ann. Phys. 4 (1948) H. 3/4.]

Die Eisen-Platin-Legierungen zwischen 54 und 65 Gew.-% = 25 ... 35 Atom-% Platin zeigen den Invarereffekt in stärkerem Maße als die entsprechenden Fe-Ni-Legierungen. Das Zustandsdiagramm beider Systeme ist ähnlich, so daß in beiden Fällen der Bereich der Invarre bei Pt- bzw. Ni-Gehalten kurz oberhalb der irreversiblen  $\alpha/\gamma$ -Umwandlung liegt. Zu höheren Pt-Gehalten hin ist der Invarbereich durch das Auftreten der Phase FePt begrenzt. Die Ausdehnungsanomalien treten also in der kubisch flächenzentrierten  $\gamma$ -Phase auf, deren Eigenschaften von der Wärmebehandlung abhängig sind, da sich bei langsamer Abkühlung bei 800 °C die Atomordnung Fe<sub>3</sub>Pt bildet, deren Curie-Punkt um etwa 100° höher liegt als der der ungeordneten  $\gamma$ -Phase. Durch Abschrecken der Legierungen von 800 °C wird die Atomordnung übersprungen und die  $\gamma$ -Phase mit dem niedrigen Curie-Punkt erhalten. Zwischen diesen beiden Endzuständen sind durch geeignete Wärmebehandlung alle Zwischenzustände in stetigem einphasigen Übergang realisierbar.

Die gefundenen Unregelmäßigkeiten der Eisen-Platin-Legierungen liegen zwischen Raumtemperatur und etwa 300 °C. Die Dehnung der Legierungen in Abhängigkeit von der Temperatur wird geringer, erreicht Null, nimmt schließlich negative Werte an und geht bei steigender Temperatur wieder zu normalen Werten über. Die höchsten negativen Ausdehnungswerte werden bei den Legierungen nahe der  $\alpha/\gamma$ -Umwandlung erreicht. Diese darf wegen des Auftretens der  $\alpha$ -Phase nicht unterschritten werden. Bei 54 Gew.-% Platin z. B. liegt die Ausdehnungsanomalie zwischen -30 und +50 °C, wobei ein Ausdehnungsbeiwert von  $-30 \cdot 10^{-6}$  erreicht wird. Die Ausdehnungskurve wird bei Hin- und Rückgang völlig reversibel durchlaufen. Bei den Legierungen mit höheren Plattingehalten verschiebt sich das Maximum der negativen Ausdehnung zu höheren Temperaturen und schwächt sich gleichzeitig ab. Der Ausdehnungskoeffizient erreicht bei einer Legierung mit 57% Pt einen Wert von  $-25 \cdot 10^{-6}$ , mit 60% Pt  $-10 \cdot 10^{-6}$  und 65% Pt nur noch den Wert Null.

Eine erhebliche Änderung des Ausdehnungsverhaltens der FePt-Legierungen wurde gefunden, nachdem aus der  $\gamma$ -Phase durch eine geeignete Anlaßbehandlung die Überstruktur  $\text{Fe}_3\text{Pt}$  gebildet war. Die Ausdehnungsanomalie tritt dann bei höheren Temperaturen auf und ist flacher ausgebildet; z. B. hat die Legierung mit 57% Pt im angelassenen Zustand zwischen  $-30$  und  $+240$  °C die Ausdehnung Null.

In der Diskussion der Versuchsergebnisse wird die Ausdehnungsanomalie in Zusammenhang gebracht mit der hohen positiven Volumenmagnetostriktion der FePt-Legierungen, die der Wärmedehnung entgegenwirkt. Diese magnetostriktive Dehnung nimmt bis zur Curie-Temperatur ab, so daß von dort ab die gewöhnliche Ausdehnung allein wirksam wird. Die Legierung mit 57% Pt im abgeschreckten Zustand zeigt einen magnetostriktiven Längenzuwachs oberhalb der Sättigung von  $\Delta l/l$  rd.  $40 \cdot 10^{-6}$  je 1000 Oe Feldzuwachs und für die Legierung mit 63% Pt noch rd.  $7 \cdot 10^{-6}$  je 1000 Oe Feldzuwachs.

Die technischen Anwendungsmöglichkeiten der FePt-Inware werden durch den hohen Preis und die ungünstigen technologischen Eigenschaften begrenzt sein. Für einige der Spezialfälle sind die Legierungen aber bestimmt mit Vorteil verwendbar. So wird eine Legierung mit 56...57% Gew.-% Platin für Thermoregler empfohlen. Ihr Ausdehnungskoeffizient im abgeschreckten Zustand ist absolut genommen dreimal so groß wie der von Eisen oder Platin und das empfindliche Temperaturgebiet liegt kurz über Raumtemperatur, wenn auch nur in einem beschränkten Temperaturintervall bis zu etwa 100 °C. Außerdem könnten die Legierungen mit 60...63% Pt, für die sich ein Ausdehnungskoeffizient nahe Null bis 300° erreichen läßt, ein geeignetes Anwendungsgebiet finden.

Rr

## Verschiedenes

DK 621.311 (061.3)

**Mitgliederversammlung der VDEW in Mainz.** — Am 29. und 30. Jan. 1951 hielt die wiedererstandene Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) in Mainz ihre erste Mitgliederversammlung ab, an der rd. 600 Mitglieder und Gäste teilnahmen. Der Vorsitzende, Gen.-Dir. Dr.-Ing. e. h. Adolf Pirrung begrüßte die Gäste, unter ihnen Vertreter aus England, Frankreich, Österreich und der Schweiz. Er stellte dankbar fest, daß sich in der VDEW wieder 604 Werke mit mehr als 90% des gesamten Stromabsatzes der Bundesrepublik freiwillig zusammengefunden hätten. Leider sei Bundeswirtschaftsminister Dr. L. Erhard trotz vorheriger Zusage nicht erschienen, die Elektrizitätswirtschaft habe aber der Regierung unaufschiebbare und im Interesse der Allgemeinheit höchst bedeutsame Forderungen vorzutragen. — Dann begrüßten die Vertreter der Behörden, die Hochschulen und befreundeten Verbände die Versammlung, unter ihnen Dr. Lauster für den VDE. Dr. Pirrung dankte den Rednern für ihre Wünsche und erstattete einen kurzen Geschäftsbericht. Der Elektrizitätsbedarf, jetzt 43 Mia. kWh, werde bis 1960 schätzungsweise auf 70 Mia. kWh ansteigen, entsprechend einer Kraftwerksmehrleistung von 6000 MW, davon etwa 4500 MW in der öffentlichen Versorgung. Der Investitionsbedarf für den Ausbau der Kraftwerke der öffentlichen Versorgung und der industriellen Eigenanlagen sowie für die dringend notwendige Instandsetzung und Erweiterung der Netze in diesen Jahren sei etwa 7,4 Mia. DM, wovon nur ein ganz bescheidener Teil von den Werken selbst aufgebracht werden könne. Die Regierung müsse die Wichtigkeit dieser Investitionen anerkennen und u. a. auch einer Erhöhung der unzulänglichen Tarife zustimmen.

Als Vertreter des Bundeswirtschaftsministeriums erwiderte Min.-Rat Ulloth. Die Verbrauchszunahme lasse sich schwer voraussagen, sicher sei aber für unsere zukünftige Volkswirtschaft eine Energiewirtschaft hoher Leistungsfähigkeit Vorbedingung. Er schätze die jährliche Verbrauchszunahme auf 8%, die Kapazität der Werke müsse in 10 Jahren also verdoppelt werden, das bedeute jährliche Neubauten von 500...800 MW. Auch das Wirtschaftsministerium sehe die Investitionen für die Elektrizitätswirtschaft als vordringlich an, weitere ERP-Mittel seien jedoch nicht zu erwarten und er glaube nicht, daß die Regierung einen Ausweg zeigen könne. Daß die Strompreise den geänderten Verhältnissen angepaßt werden müßten, sei nicht zu umgehen. Er versprach volle Unterstützung der Regierung für die Beseitigung des Kohlenmangels der E-Werke; er glaube, daß man die Kohlenkrise gut überstehen werde, wenn die Abnehmer Disziplin hielten.

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 71 (1950) S. 664.

Nach einem gemeinsamen Mittagessen besichtigten die Teilnehmer am Nachmittag Kraftwerke und Industrieanlagen im Bereiche der Stadt Mainz; der Abend brachte ein geselliges Treffen mit echtem Mainzer Karneval. Am nächsten Tag fand vormittags die Ordtl. Mitgliederversammlung statt, auch der Vorstandsrat tagte, während die Nichtbeteiligten das Staatliche Museum in Wiesbaden besichtigten konnten.

nk

DK 629.136.3 (061.3) : 621.396

**Jahresversammlung der Gesellschaft für Weltraumforschung.** — Vom 25. bis 27. Januar ds. Js. hielt die etwa 400 Mitglieder zählende „Gesellschaft für Weltraumforschung“ in Stuttgart eine Tagung ab, auf der in zwei Fachsitzungen Referate über „Hochfrequenztechnik und Weltraumfahrt“ und „Raketentechnik und Astronautik“ gehalten wurden.

In der Sitzung über Hochfrequenztechnik behandelte W. Dieminger den Einfluß, den die Ionosphäre auf die Funkverbindung zwischen der Erde und einem Raumschiff haben wird, und kam zu dem Schluß, daß nur Wellen unter 1 m Länge brauchbar seien. H. Döring gab einen Überblick über den Stand der cm-Wellen-Technik; W. Stepp behandelte die Frage, bis zu welchen Entfernungen Funkverbindungen mit dem Raumschiff möglich sein werden, wobei etwa 1 Mio. km gefunden und darauf hingewiesen wurde, daß der Mond (wahrscheinlich) während des Krieges von deutschen Funkmeßgeräten registriert worden ist. G. Ulbricht gab eine Übersicht über ausländische Funkmeßgeräte, die zur Navigation von Schiffen und Flugzeugen dienen, in Deutschland aber noch nicht wieder hergestellt werden dürfen. W. Gundlach beschrieb ein Rechenverfahren, mit dem die zu einer vorgegebenen Richtcharakteristik gehörige Antenne für ein Raumschiff ermittelt werden kann. F. Kirschstein beschrieb die Steuereinrichtungen der V-2-Rakete und behandelte theoretisch das Stabilitätsproblem derartiger Steuerungen. R. Merten umriß die denkbare Flugbahn der „Außenstation“ (künstlicher Erdsatellit) und das Problem der Nachrichtenverbindung mit diesem rasch umlaufenden Körper. R. Mosch beschrieb die Hochfrequenz-Meßeinrichtungen, mit denen die Flugbahn der V-2-Rakete verfolgt und die Schußweite eingestellt wurde.

In der Sitzung über „Raketentflug und Astronautik“ werden einschlägige Themen behandelt und insbesondere die Frage diskutiert, ob mit den heutigen technischen Hilfsmitteln Raumschiffe verwirklicht werden könnten. H. Kölle legte Entwürfe für eine Außenstation vor, die mit chemischen Treibstoffen — nicht mit Atomenergie — angetrieben werden soll, und deren Entwicklungskosten auf etwa 1 Milliarden Dollar geschätzt wurden. Durch Verwendung dieser Außenstation als Tank- und Startstelle sollen eigentliche Raumflüge möglich gemacht werden.

In einem Festvortrag behandelte der mit der zweiten Hermann-Oberth-Medaille ausgezeichnete Raketenfachmann E. Sängler die Frage: „Was kostet Weltraumflug?“

## Kurznachrichten

**Elektronisches Gerät für statistische Auswertung.** — Eine neue mit Elektronenröhren bestückte Maschine kann Lochkarten ordnen, zählen, speichern und heraussuchen<sup>1</sup>. Sie hat ein Fassungsvermögen von je 10 000 Karten in 60 Abteilungen und bearbeitet 450 Karten in der Minute. Ergebnisse und Auszüge werden ähnlich wie bei einer Schreibmaschine niedergeschrieben, gleichzeitig können neue Lochkarten mit dem mittleren Summenwerten gestanzelt werden. Zur Kontrolle addiert die Maschine selbständig die Einzelsummen und vergleicht sie mit der Summe der Ergebnisse aus den 60 Abteilungen.

Mit diesem Gerät sollen die vorhandenen Angaben über die 150 Millionen Menschen in den USA erneut ausgewertet werden.

**Neuer UKW-Sender des Süddeutschen Rundfunks.** — Messungen des Süddeutschen Rundfunks ergaben als günstigste Aufstellungsort eines in der Geislinger Gegend geplanten UKW-Senders den Michelsberg bei Oberböhringen. Ein neuer 250 W-Sender soll im Frühjahr gebaut werden und wird außer Geislingen auch das obere Filstal bis Wiessteig und Göppingen mit dem Programm des Süddeutschen Rundfunks, Stuttgart, versorgen.

<sup>1</sup> Nach Electr. Engng. 69 (1950) S. 147.



# VERSCHIEDENES

## SITZUNGSKALENDER

- Berlin:** ETV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33  
29. 3. 51, 18.15, Hörsaal 301 d. TU.: „Die Verstärkung fortschreitender elektromagnetischer Wellen durch Wechselwirkung mit Elektronenströmungen“, Prof. Dr. W. Kleen, Madrid.
- Hamburg:** VDE-Bezirk Hansa, Hbg. 1, Gerhart Hauptmann-Platz 48  
5. 4. 51, 17.00, Vortragssaal d. Museums f. Völkerkde.: „Röhrenregler und elektrische Steuerungen von Antrieben“, Prof. Mohr, Berlin.
- Hannover:** ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70  
27. 3. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Neuzeittlicher Antrieb von Werkzeugmaschinen“, Dr. Volk, Frankfurt a. M.
- Köln:** VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5  
30. 3. 51, 17.30, Staatl. Masch.-Bauschule Ubiering 48: „Wirtschaftliche Planung von Fernmehdenetzen“, Dr.-Ing. Lennertz, Köln.
- Mannheim:** VDE-Bezirk Kurpfalz, Mannh.-Feudenheim, Körnerstr. 33  
4. 4. 51, 17.30, Gewerbeschule Mannh. C 6: „Die Lösung von Regelaufgaben mittels Stromrichter und Elektronenrohr“, Dr. Förster.
- Solingen:** Stützpunkt Slgn. im VDE-Bez. Berg. Land, Slgn., Weyerstr. 184  
16. 3. 51, 20.00, August-Dicke-Schule, Schützenstr.: „Industrielles Messen und Prüfen mit elektrischen Geräten“, Obering. Middeler, Stuttgart.
- Aachen:** Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule  
25. bis 28. 4. 51: Frühjahrstagung „Maschinenbau und Elektrotechnik heute“. Veranstaltet von der Fakultät Maschinenwesen und Elektrotechnik. U. a. mit Vorträgen über die Werkstoffe der Elektrotechnik. Auskünfte durch die Fakultät, Aachen, Templergraben 55.

## PERSONLICHES

### Giovanni Giorgi f.

Am 19. Aug. 1950 ist im Alter von 79 Jahren der Urheber des nach ihm benannten Einheitensystems Giovanni Giorgi gestorben. Er war seiner Ausbildung nach Elektroingenieur und hatte schon in jungen Jahren leitende Stellungen in der italienischen elektrotechnischen Industrie inne; so war er von 1906 bis 1921 Direktor der Technischen Werke der Stadt Rom. Nebenbei hielt er Vorlesungen, z. B. über höhere Mechanik, aber auch über Wirtschaftswissenschaft und Betriebsorganisation. In seinen Veröffentlichungen zeigte er von Anfang an eine ungewöhnliche Vielseitigkeit; neben rein starkstromtechnischen Arbeiten findet man nachrichtentechnische, vor allem aber auch Untersuchungen über die Grundlagen der Elektrotechnik und Arbeiten aus der mathematischen Physik. Seine akademische Laufbahn begann 1926; er lehrte zuerst in Cagliari, dann in Palermo, zuletzt in Rom. In Deutschland ist er besonders durch seine zahlreichen Arbeiten über sein System bekannt geworden. Er hatte es schon 1901 vorgeschlagen; aber erst im Jahre 1933 begann der Unterausschuß „Elektrische und magnetische Größen und Einheiten“ der IEC mit Beratungen über die Einführung des Systems. Dieses umfaßt, wenn ihm noch eine thermische und eine photometrische Grundeinheit beigegeben werden, die ganze Physik; es ist rational, ohne daß durch seine Rationalisierung praktische Schwierigkeiten entstünden, und die Beziehungen zwischen seinen Einheiten sind so einfach, daß sie ohne weiteres im Gedächtnis haften. Wegen seiner großen Vorzüge hat das System in vielen Lehrbüchern des In- und Auslandes Eingang gefunden, und das Internationale Komitee für Maß und Gewicht beabsichtigt, es auch dem Internationalen Einheitengesetz zugrunde zu legen, über das zur Zeit beraten wird. Im persönlichen Verkehr war Giorgi von großer Liebenswürdigkeit; sein plötzlicher Tod — er erkrankte während eines Bades an der Meeresküste in der Nähe von Rom — wird in der gesamten wissenschaftlichen Welt von seinen zahlreichen Freunden aufrichtig bedauert.

J. Wallot



**Hochschulnachrichten.** — Das niedersächsische Staatsministerium ernannte unter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Quade zum ordentlichen Professor für die planmäßige ordentliche Professur für Höhere Mathematik B an der Technischen Hochschule Hannover.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 534 (022.3)

**Einführung in die Akustik.** Von F. Trendelenburg. 2. umgearb. Aufl. Mit 378 S., 280 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 39,—.

Der neue „Trendelenburg“ füllt eine merckliche Lücke in der deutschen Fachliteratur auf akustischem Gebiet aus. Nach seiner ersten Auflage 1939, die seit langem vergriffen war, gab es wohl kein zweites deutsches Buch, das zusammenfassend den Stand der modernen Akustik wiedergab. Dies ist nun wiederum in der zweiten, bedeutend umgearbeiteten und um rd. 100 Seiten erweiterten Auflage voll gelungen. Als ausgezeichnete Kenner der akustischen Literatur und erfolgreicher Forscher auf akustischem Gebiet hat es der Verfasser verstanden, dem Leser eine Übersicht über das ganze Gebiet der Akustik zu vermitteln, ohne sich im Gestrüpp der in vielen tausend Veröffentlichungen behandelten Einzelfragen zu verlieren. Manche Kapitel der Akustik erhalten dadurch erst eine abgerundete Darstellung, die man sonst wohl nirgends findet. Dem Fachmann kann das Werk zu einem kleinen Handbuch werden. Die Darstellung ist zwar im Gegensatz zu z. B. Olson's Elements of Acoustical Engineering mehr auf die grundsätzlichen Fragen der physikalischen Akustik gerichtet. Dennoch werden viele technische Anwendungen als Beispiele gebracht und die reichen Literaturangaben, die dankenswerterweise häufig in Anmerkungen kurz den Inhalt der betreffenden Veröffentlichung angeben, ermöglichen, fast jedes Spezialproblem eingehender zu verfolgen.

Die gutgebildete Darstellung macht den Stoff wohl jedem allgemein technisch oder naturwissenschaftlich gebildeten Leser ohne Schwierigkeiten zugänglich. Eine Reihe von akustischen Geräten und Hilfsapparaten, wie Mikrophone, Oszillographen oder Analysierapparate werden an passenden Stellen beschrieben.

Das Buch umfaßt — in großen Zügen umrissen — zunächst die Fragen der Schwingungs- und Wellenlehre, die Strahlungseigenschaften, Schallbeugung, -brechung und -reflexion, ferner die Schallausbreitung, die Schallerzeugung durch Musikinstrumente, Lautsprecher, Telephone und den Mechanismus des menschlichen Stimmorgans. Daran schließt sich eine Behandlung von akustischen Resonatoren und Filtern (Auspuff-Schalldämpfern), der Schallisolationsfragen und der Raumakustik. Sodann werden Mikrophone und Schallmeß- und Eichverfahren beschrieben. Die Eigenschaften des Ohres werden nach den neuesten Erkenntnissen geschildert. Es folgt die Schallplatten-, Tonfilm- und Magnettontechnik. Schließlich wird über die Resultate der Frequenzanalyse und -synthese z. B. der menschlichen Stimme (vocoder) und der Klänge der Musikinstrumente berichtet. Mehrfach werden Fragen des Ultraschalls behandelt. Das Werk enthält eine Anzahl von akustischen Tabellen und eine kleine Formelsammlung. Einige Druckfehler seien hier angeben: auf S. 97 muß es  $A = 0,16 \text{ V/T}$  heißen, auf S. 137  $10^5 \mu\text{bar}$  und auf S. 265  $\mu\text{V}/\mu\text{bar}$  statt  $\text{mV}/\mu\text{bar}$ .

Rechnungen sind nur so weit gebracht, als man daraus die wesentlichen Zusammenhänge ersehen kann. Auf eingehendere theoretische Darlegungen ist zugunsten der Flüssigkeit des Textes und der gedrängten Darstellung verzichtet.

In den verschiedenen Zweigen der Technik beginnt die moderne Akustik eine immer größere Rolle zu spielen; es ist daher anzunehmen, daß das Buch seinen Zweck als Einführung für Studierende und Ingenieure in zunehmendem Maße erfüllen und somit auch dazu beitragen wird, manches akustische Problem der Praxis einer befriedigenden Lösung zuzuführen.

F. Spandöck



DK 621.317.791 (023.3)

**Das Trockengleichrichter-Vielfachmeßgerät.** Von Dipl.-Ing., Dr. techn. Theodor Walcher. Mit 144 S., 97 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 16,—.

Die kleinen handlichen Meßgeräte für Gleich- und Wechselstrom- und -spannungsmessungen in jeweils mehreren Meßbereichen sind seit mehr als einem Jahrzehnt bekannt und beliebt. Leider werden ihre besonderen, hauptsächlich durch die Gleichrichter bedingten Eigenschaften — Vorteile wie Mängel — in der Praxis nicht immer genügend gewürdigt. Zur Entscheidung über die Eignung für einen bestimmten Anwendungszweck muß man ebenso wie für die Beurteilung der Fehler die besonderen Eigenheiten genau kennen, über die das neue Buch berichtet.

Im 1. Teil über die charakteristischen Eigenschaften des Trockengleichrichter-Vielfachmeßgerätes und ihren Einfluß auf den Verwendungszweck findet man insbesondere die wichtigsten Schaltungen und die rechnerische Behandlung der Parallelkapazität (Ersatzschaltbilder), des Temperatur- und Frequenzverhaltens und der Oberwellenabhängigkeit, ferner Hinweise auf die Meßbereichsgrenzen und die Meßbereichunterteilung. Der größere, 2. Teil des Buches behandelt die Meßmethoden und Verfahren des praktischen Gebrauchs bei Vielfachmeßgeräten. Sowohl die Einzelmessungen von Strom und Spannung als auch die Messung von Leistung, Widerstand, Kapazität u. a. sind gründlich berücksichtigt. Der Praktiker findet zahlreiche nützliche Hinweise.

Das vorliegende Buch stellt das heute so viel benutzte Vielfachmeßgerät mit Trockengleichrichtern wohl erstmalig geschlossen dar. Die große Bedeutung dieser Geräte rechtfertigt die Monographie. Bedauert wird nur, daß von den vorhandenen Vielfachmeßgeräten nur das Normmeter berücksichtigt wird. Es wäre wertvoll, aus diesem sonst sehr vollständigen Buch auch über die Eigenarten der anderen, zahlreich vorhandenen Gleichrichtergeräte von dem so sachkundigen Verfasser orientiert zu werden. Als weiterer Wunsch sei eine wesentliche Vermehrung des Literaturverzeichnisses genannt.

Franz Moeller

DK 621.791.7 (023.2)

**Elektroschweißtechnik** u. ihre Anwendung i. d. Praxis. Von Franz O t t h a l. 2. Aufl. Mit 185 S., 223 B., Format DIN A 5. Verlag von R. Pirngruber, Linz a. d. Donau 1950. Preis kart. DM 12,—.

Es besteht ein Bedürfnis, den Schweißern nach Abschluß ihrer Ausbildung den Lehrstoff, der im theoretischen Teil der Ausbildungskurse gebracht ist, auch in Form knapp und allgemein verständlich gehaltener Bücher zugänglich zu machen.

Ahnlich den Heften, die über Elektroschweißung in Deutschland in der Sammlung „Werkstatt-Bücher“ erschienen sind, kann auch das jetzt in Österreich herausgekommene vorliegende Buch diesem Zweck dienen. Der Verfasser, der zuerst in einem Büchlein „Lerne Elektroschweißen“, die für den Schweißer nötige Grundlage behandelt hat, bringt auch dieses Buch heraus, das dazu bestimmt ist, in erweiterter Form dem Arbeiter, Meister und Ingenieur der Metalltechnik die erforderlichen Grundkenntnisse über die Lichtbogenschweißung zu vermitteln. Zugleich soll das Buch Hinweise für die praktische Anwendung geben und zur Benutzung der vielseitig anwendbaren Schweißverfahren anregen.

In gedrängter Form sind alle Gebiete der Lichtbogenschweißung behandelt. Im werkstofftechnischen Teil werden Vorkommen, Gewinnung, Eigenschaften und Prüfung der Werkstoffe besprochen, wobei Tafeln und Tabellen in ihrer Zusammenfassung sich nützlich machen. Während die Schweißmaschinen nur kurz behandelt sind, ist im schweißtechnischen Teil dem Schweißvorgang und der Ausführung der Schweißung sowie schließlich der Anwendung mehr Raum gewidmet, wobei sich der Verfasser auf seine langjährigen Erfahrungen im Schweißbetrieb stützt. In weiteren Abschnitten sind das Brennschneiden, die Kosten- und Festigkeitsberechnung der Schweißung und die Unfallverhütung besprochen. Schließlich wird auf die wirtschaftliche Bedeutung der Lichtbogenschweißung hingewiesen, wobei die prozentualen Gewichtsersparnisse bei den einzelnen Anwendungsgebieten als besonders beachtlich angegeben werden.

Bei einer Neuauflage des Buches könnte die Übersichtlichkeit des behandelten Stoffes durch eine verbesserte Einteilung gehoben werden. Bei der jetzigen Einteilung in 9 Kapitel umfassen einzelne dieser Abschnitte nicht unmittelbar zusammengehörende Gebiete, was bei der jetzigen drucktechnischen Ausführung der Überschriften die Übersichtlichkeit

stört. Auch wäre eine Behandlung der Gußeisenschweißung nicht nur im Rahmen der Arcatom-Schweißung angebracht.

K. Ritz

DK 621.1.08 (022.3)

**Meßverfahren und Meßgeräte der Kraft- und Wärmewirtschaft.** Von Hans Faltn. Mit 639 S., 492 B., Format 14 mal 21 cm. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle/Saale 1950. Preis kart. DM 27,40, geb. DM 29,80.

Der Elektroingenieur ist leicht geneigt, die gleiche Genauigkeit, die er bei Messungen rein elektrischer Größen gewohnt ist, auch im Kraftwerksbetrieb bei wärmetechnischen und sonstigen Meßgeräten zu erwarten, die oft nur schwierig zu erfassende physikalische Vorgänge messen sollen. Dies trifft z. B. zu für alle Messungen von Temperaturen irgendwelcher Höhe, von Rauchgaszusammensetzungen, von strömenden Dampfmenigen bei wechselnden Temperaturen und Drücken, von Geschwindigkeiten und Feuchten verschiedener Medien, von Heizwerten u. dgl. Die Zahl dieser für den Betrieb und die Überwachung neuzeitlicher Kraftwerke notwendigen Meßgeräte ist heute derart angewachsen, daß ein nicht auf Meßwesen spezialisierter Maschinen- und Elektroingenieur, insbesondere ein stark beanspruchter Betriebsleiter oft Mühe hat, die Prinzipien dieser in ihrem Aufbau so stark voneinander abweichenden Geräte sich so zu eigen zu machen, daß er übersehen kann, welche Anzeigenauigkeit er jeweils von einem bestimmten Gerät überhaupt erwarten darf. Daher ist es zu begründen, wenn der bekannte Verfasser möglichst viele Meßverfahren und Meßgeräte der Kraft- und Wärmewirtschaft so übersichtlich zusammenstellte, daß der Leser sich schnell über die Meßprinzipien, deren mathematische Grundlagen, den technischen Aufbau und die möglichen Fehlerquellen und Anzeigefehler unterrichten kann. Trotz der Vielseitigkeit ist das Werk recht klar gegliedert; 492 meist gute Prinzipzeichnungen, elektrische und andere Schaltschemata, Abbildungen heute und früher ausgeführter Geräte und deren Einbau, Betriebsdiagramme usw. zeigen die Vor- und Nachteile der einzelnen Anordnungen, wobei u. a. die zahlreichen Literaturhinweise im Text wertvoll sind. Die Ausstattung des umfangreichen Werkes ist gut. Es kann jedem Kraft- und Wärme-Ingenieur sowie dem in Kraftwerksbetrieb stehenden Elektroingenieur empfohlen werden. — Die im ersten Satz der Einleitung enthaltene Bemerkung über den Tod von Prof. Dr.-Ing. Gramberg, des verdienten Verfassers des den meisten Ingenieuren bekannten Werkes „Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und im Betrieb“, trifft gottlob nicht zu. — Das erwähnte chemische Verfahren für Wassermessungen von I t e r s o n wird m. W. im Kraftwerksbetrieb nicht angewendet. — Für eine Neuauflage wäre auch ein Kapitel über Messungen an Rauchgas-Luftstäubern und eine erläuternde Zusammenstellung sämtlicher vom VDI herausgegebener Meßregeln zu empfehlen.

Voigt

DK 669.187 (022.3)

**Elektrostahl-Erzeugung.** Von Dr. mont. Franz Sommer. Dr.-Ing. Hans Pollack. (Bd. 8 d. Stahleisen-Bücher.) Mit 338 S., 201 B., 33 Taf., Format 16,5×23,5 cm. Verlag Stahleisen mbH., Düsseldorf 1950. Preis Glw. DM 34,—.

Der neue Band der Stahleisenbücher gibt in knapper, klarer Form einen Überblick über alle für die Elektrosterzeugung wichtigen Gebiete. Das Buch wendet sich in erster Linie an Ingenieure, die auf dem Gebiet der Elektrosterzeugung arbeiten oder dafür besonderes Interesse haben. Daneben kann es aber auch dem Fernstehenden und den Studierenden einen allgemeinen Überblick über dies wichtige Gebiet der Stahlerzeugung geben.

Die elektrotechnischen Grundlagen der heutigen Elektrosterren sind im ersten Abschnitt des Buches von F. Walter kurz, aber gut verständlich dargestellt. Ausführliche Abschnitte behandeln dann den Aufbau und Betrieb der Elektrosterren in den Stahlwerken sowie die metallurgischen Vorgänge beim Schmelzen und Raffinieren, wobei auch die Vor- und Nachteile der einzelnen Ofenarten erörtert werden. Erfreulicherweise ist auch die Entwicklung während des Krieges in den Vereinigten Staaten von Amerika berücksichtigt. Ein Sonderabschnitt behandelt die feuerfesten Baustoffe, soweit sie sich im Elektrostahlhofen bewährt haben oder für in Betracht kommen können.



Wie aus der einleitenden geschichtlichen Entwicklung und dem Abschnitt über die Wirtschaftlichkeit der Elektrostahtverfahren im einzelnen hervorgeht, hat die Elektrostahterzeugung in den letzten Jahrzehnten erheblich an Bedeutung gewonnen. Es ist damit zu rechnen, daß diese Entwicklung noch keineswegs abgeschlossen ist und der Anteil an Elektrostaht in Zukunft weiter ansteigen wird.

Das Buch weist auf alle Schwierigkeiten konstruktiver und metallurgischer Art hin, die den heutigen Ofentypen und Verfahren noch anhaften, und gibt daher auch dem Forscher und Konstrukteur wichtige Hinweise. Es ist eine wertvolle Ergänzung des einschlägigen Schrifttums und kann wärmstens empfohlen werden.

Friedrich J o h a n n s e n

DK 621.396.1 (023.2)

**Radio-Praktiker-Bücherei.** Format 11,5×17,5 cm. Franzis-Verlag, München 1950. Preis je Heft DM 0,90. **Heft 1: Die neue U-Röhren-Reihe und ihre Schaltungen.** Von Hans S u t a n e r. Mit 61 S., 50 B. u. Schaltungen. **Heft 3: UKW-FM-Rundfunk in Theorie und Praxis.** Von Herbert G. M e n d e. Mit 63 S., 35 B., 4 Taf. **Heft 7: Neuzeitliche Schallfolienaufnahme.** Von Fritz K ü h n e. Mit 64 S., 39 B. **Heft 8: Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe.** Von Fritz K ü h n e. Mit 62 S., 36 B. **Heft 17: Prüfender für UKW-Empfänger.** Von R. S c h i f f e l und F. W o l e t z. Mit 34 S., 57 B.

Heft 1 behandelt die U-Röhren mit 8poligem Außenkontaktsockel. Besonderer Wert ist auf eingehende Darstellung der Röhrenkennlinien sowie der Schalmöglichkeiten in den verschiedenen Rundfunk-Empfängerschaltungen gelegt. Die praktischen Erfahrungen und Hinweise sind für die Werkstatt und den Bastler besonders wertvoll. Ein Schrifttumsnachweis ermöglicht eingehendere Unterrichtung.

Nach Eingehen auf die Eigenschaften der Ultrakurzwellen werden in Heft 3 die verschiedenen Modulationsarten behandelt und dann die gebräuchlichen frequenzmodulierten Senderschaltungen besprochen. Bei den Empfängerschaltungen werden die einfachen Superregenerativschaltungen (Pendelrückkopplung) und die Überlagerungsempfängerschaltungen mit den speziell für Frequenzmodulation entwickelten Stufen anschaulich dargestellt. Auf die in der UKW-Technik gebräuchlichen Werkstoffe und Teile wird eingegangen.

Auf die Anwendungsmöglichkeiten der Schallfolie wird in Heft 7 kurz eingegangen. Nach Besprechung der wesentlichen Teile einer Schallfolienaufnahmeeinrichtung werden die z. Z. auf dem Markt erhältlichen Geräte behandelt und auch die Möglichkeit des Selbstbaues besprochen. Ein in Tabellenform gehaltener Überblick über Zubehör für Schallfolienaufnahme beschließt das Heft, das wertvolle Hinweise vor allem für den Bastler bringt.

Nach Besprechung der technischen Eigenschaften von Tonfrequenzverstärkern werden in Heft 8 die entsprechend den verschiedenen praktischen Anforderungen entwickelten Verstärkerschaltungen gebracht und kritisch untersucht mit zahlreichen Hinweisen. Interessant ist die Lösung, die für einen vielseitigen Mischpultverstärker gefunden wurde.

Heft 17 bringt eingehend die gewöhnlichen Oszillatorschaltungen und ihre Abwandlungen für das UKW-Gebiet. Bei der dann behandelten Schaltung eines 3 m-Senders wird besonders auf die beim Selbstbau auftretenden Schwierigkeiten hingewiesen und der Weg zu ihrer Behebung gezeigt. Abschließend werden die notwendigen Abstimm-Mittel wie Absorptionswellenmesser, Lecherleitung und Hilfsoszillator besprochen und in ihrer praktischen Ausführung beschrieben.

H. B a r d t k e

DK 621.397 (023.3)

**Einführung in die neue deutsche Fernsehtechnik.** Von Dr.-Ing. Wolfgang D i l l e n b u r g e r. Mit 210 S., 145 B., Format 5×21 cm. Fachverlag Schiele & Schön, Berlin 1950. Preis 3 Bw. DM 12,50.

Die letzte deutsche buchmäßige Veröffentlichung zur Fernsehtechnik, eine bei Springer erschienene Vortragszusammenstellung, stammt aus dem Jahre 1937. Davor ist im Jahre 1932 das umfangreiche, aber längst veraltete Werk von S c h r ö t e r über Bildtelegraphie und Fernsehen herausgekommen, eine moderne Darstellung fehlte vollkommen. Schon aus diesem Grunde wird das vorliegende Buch

sicher einen großen Leserkreis finden. Hinzu kommt, daß gerade im Augenblick eine große Anzahl von Rundfunkingenieuren neu zum Fernsehen hinstrebt und rasche und kurze Aufklärung erwartet. Diesen Bedürfnissen kommt das Buch von D i l l e n b u r g e r sehr zweckentsprechend entgegen. Es behandelt ziemlich erschöpfend diesen jungen Zweig der Nachrichtentechnik, hält sich frei von irgend welcher Überlastung der einzelnen Kapitel mit Spezialproblemen, und der Charakter einer Einführung wird an jeder Stelle gewahrt. Da hier ein erfahrener Fernsehpraktiker spricht, kann man dem Buche nur eine weitgehende Verbreitung wünschen.

Um ein tiefer gehendes Werk über Fernsehtechnik, das auch höheren Ansprüchen des Spezialisten gerecht würde, handelt es sich nicht. Das Buch hat kleine Schwächen, die dem Referenten besonders auf der vakuumtechnischen Seite auffallen, aber auch in anderen Kapiteln müßte man, wenn man gehobene Ansprüche stellt, hier und da Kritik üben. So ist es z. B. bei der Frage nach dem Vorzeichen der Modulation nicht so einfach, daß bei Positivmodulation ein Störimpuls ein Synchronisierzeichen nur löschen kann und bei Negativmodulation durch den Störimpuls nur zusätzliche vorgetäuschte Impulse auftreten könnten. Impulsvortäuschungen und Impulserstörungen kommen in beiden Fällen vor, und ihre Erörterung kann man nicht so weitgehend vereinfachen, wie das in dem Buche geschehen ist. Derartige Schwächen sind aber natürlich, solange ein so umfangreiches Gebiet von einem einzigen Autor dargestellt wird. Es ist hier vielleicht der Ort, die Schaffung eines hochwertigen und modernen Handbuches der Fernsehtechnik anzuregen, das von einem größeren Gremium von Bearbeitern geschaffen würde, in dem wir den Verfasser des vorliegenden Buches in seinem Spezialgebiet gern wieder begrüßen würden.

Dem Werk ist eine weite Verbreitung zu wünschen, es wird zweifellos zur Einführung mit großem Gewinn gelesen werden.

Erich S c h w a r t z

DK 658.53/54 (023.3)

**Die analytische Arbeitsbewertung** als Hilfsmittel zur Bestimmung der Arbeitsschwierigkeit. Von Dr.-Ing. habil. Hans E u l e r u. Dr.-Ing. Hans S t e v e n s. Mit 92 S., 2 B., 1 Taf., Format DIN A 4. Verlag Stahlleisen mbH., Düsseldorf 1950. Preis kart. DM 9,60.

Die Veröffentlichung bringt die neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet der analytischen Arbeitsbewertung, stützt sich auf die bisherigen Veröffentlichungen der beiden Verfasser und verwertet die bis jetzt auf diesem Gebiet geleisteten Arbeiten; vor allem werden die Erfahrungen, die man bei der Einführung der analytischen Arbeitsbewertung in vielen Werken der Eisen- und Stahlindustrie gesammelt hat, verwertet.

Die Arbeit gliedert sich in 2 Teile, und zwar: Teil A „Grundsätzliches“, worin die Methode der analytischen Arbeitsbewertung für Handwerker und auch Grundsätze für die analytische Arbeitsbewertung für Vorarbeiter und Angestellte entwickelt werden. Ausführlich wird die Aufgliederung der Arbeitsschwierigkeit in die verschiedenen Arbeitsanforderungen und deren Definitionen behandelt. Die Bestimmung der Belastungshöhe mit Hilfe der Anforderungsstufen wird ebenso behandelt wie die Rangreihenmethode; zwei Verfahren, die sich gegenseitig ergänzen. Teil B führt an Hand mehrerer Beispiele die Praxis der Arbeitsbewertung vor, bei der die Arbeitsbeispiele der eisenschaffenden Industrie entnommen sind.

Die Arbeitsbewertung ist heute keine bloße Theorie der Arbeitswissenschaftler mehr. Eine ganze Reihe von Betrieben hat erkannt, daß man durch die Arbeitsbewertung zu einer besseren Lohnfindung gelangen kann.

Wenn auch die Veröffentlichung gerade im 2. Teil die eisenschaffende Industrie als Beispiel herausgreift, so gilt doch der 1. Teil für sämtliche Industriezweige. Lediglich die Wertigkeit der verschiedenen Anforderungsarten kann sich von Industriezweig zu Industriezweig verschieben.

Ähnlich wie vor 25 Jahren die Arbeitsstudie im Maschinenbau zuerst Fuß gefaßt und in kürzester Zeit in sämtliche Wirtschaftszweige Eingang gefunden hat, wird auch die Arbeitsbewertung in nächster Zeit sämtliche Industriezweige durchdringen. Hiervon wird sich die elektrotechnische Industrie kaum ausschließen können.

A. S c h m i d t

DK 65.011 (023.1)

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Mittel der Rationalisierung** (Heft 3 d. „Wege zur Rationalisierung“). Mit 130 S., Format DIN A 5. Hrsg. Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft. Carl Hanser-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 3,80.

Eine Vortragsreihe über die Themen: Normen — Vereinfachen — Verpacken — Abrechnen —, mit Beiträgen von D. Auffermann, F. Eisele, H. Flemming, G. Frenz, A. Henzold, J. Hoffmann, W. Kalveram, K. Keller, O. Kienzle, E. Pöckel, J. Reger, K. Rummel, G. Schott und E. Westphal, die Technikern und Wirtschaftlern empfohlen werden kann.

Bei allen Maßnahmen der Rationalisierung handelt es sich eigentlich um Selbstverständlichkeiten, aber „es muß einem bloß einmal gesagt werden!“ Man freut sich beim Lesen der Beiträge nicht nur über das, was einem gesagt wurde, sondern auch darüber, wie es gesagt wurde. Vielleicht kennzeichnet diese Sammlung am besten eine kleine Anzahl von Zitaten aus den verschiedenen Vorträgen: „In den Verein. Staaten sehen wir ebenfalls eine größere Bereitschaft zur Rationalisierung im Rechnungswesen, die möglicherweise darin begründet liegt, daß die in Deutschland vielfach anzutreffende Geheimniskrämerei (z. B. hinsichtlich der Kalkulation) unbekannt ist; „es ist nicht nur eine Materialverschwendung, sondern ein direkter Betrug des Käufers, wenn... der Pralinenschachtel für 125 g Inhalt durch vorspringende Ecken, doppelte Böden und Polsterung des Deckels das Aussehen einer 250-g-Packung gegeben wird“; „wenn bei der Programmabstimmung aber niemand etwas abgeben, jeder dagegen etwas gewinnen will, so ist es Aufgabe der wirtschaftlichen Verbände, eine bessere Ordnung in die Fertigungsprogramme ihrer Werke zu bringen“. „Fällt diese — im Gegensatz zu Amerika — übertriebene und kleinliche Geheimniskrämerei nicht fort, so können wir die Rationalisierung in der Wirtschaft abschreiben.“

K. Roewer

DK 347.7 : 331.13 (023.3)

**Die Entlassung.** Von Dr. Hans Gotthard Schmaltz. 4. vollst. umgearb. Aufl. Mit 233 S., Format 14,5×20,5 cm. Arbeitsrechtverlag, Hamburg 1950. Preis kart. DM 7,80.

Der Verfasser gibt einen abgerundeten Überblick über die gesamte Problemstellung bei der „Entlassung“ mit einer beachtlichen Fülle von Beispielen aus der arbeitsgerichtlichen Rechtsprechung. Gesuchte Einzelfragen findet man leicht bei der übersichtlichen und glücklichen Einteilung des Buches. Den „Stichworten“ sind „Richtlinien“ vorangestellt, denen zwar keine gründlichen wissenschaftlichen Untersuchungen zugrundeliegen, die aber gleichwohl verdienen, beachtet zu werden. Die tägliche Erfahrung bei den Gerichten der ersten Rechtsstufe lehrt, daß oftmals selbstverständliche Rechtsgrundsätze unbekannt sind. Die verständige Beachtung der „Richtlinien“ hilft hier, unnütze Arbeitsrechtsstreitigkeiten zu vermeiden.

Die „Stichworte“ vermitteln zu praktisch allen Fragen der Beendigung eines Arbeitsverhältnisses ein vollkommenes Bild über den derzeitigen Stand der Rechtsprechung. Dabei wird eine Vielzahl ausgewählter Kernsätze aus arbeitsgerichtlichen Entscheidungen beider Rechtsstufen zitiert.

Das von einem erfahrenen Praktiker geschaffene Werk entspricht einem wirklichen Bedürfnis; es kann allen, die sich mit Fragen der Entlassung befassen müssen, vorbehaltlos empfohlen werden.

E. Beelow

DK 912 : 656.11 (43)

**Varta-Auto-Atlas.** 2. Aufl. Hrsg. AFA, Accumulatorenfabrik AG. Mit 182 S., 134 mehrfarbigen Karten im Maßstab 1 : 300 000, Format DIN A 4. Ravensteins Geographische Verlagsanstalt, Frankfurt a. M. 1950. Preis geb. 12,— DM.

Der Atlas bildet in 62 farbigen Einzelkarten (Maßstab 1 : 300 000) das Straßennetz Deutschlands, West und Ost (bis zur Oder-Neiße-Linie), ab. Übersichtskarten erleichtern das Auffinden der gesuchten Gegend. Pläne der größeren Städte, des Ruhrgebietes und Schemen der Hauptautobahnstrecken wird der Kraftfahrer begrüßen, ebenso die Angabe von Anschriften und Telefonnummern von Hotels, Autowerkstätten, Restaurants usw. in einer großen Zahl von deutschen Städten. Ein alphabetisches Ortsregister und eine Entfernungstabelle beschließen die gut gelungene Ausgabe.

B. Vollrath

**Rundfunk ohne Störungen.** Die Entstehung, Ausbreitung und Beseitigung von Empfangsbeeinflussungen. Von H. G. Engel und K. Winter. 4. umgearb. u. erg. Aufl. Mit 192 S., 138 B., Format 15,5×23 cm. Berliner Union, Stuttgart 1951. Preis kart. 7,50 DM.

**Die synchrone Maschine.** Von Prof. Dr.-Ing. Karl Humburg. Sig. Götschen, Bd. 1146. Mit 109 S., 78 B., Format 10×16 cm. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis kart. 2,40 DM.

**Hochspannungs-Entladungsschemie und ihre industrielle Anwendung.** Von Th. Rummel. Mit 310 S., 142 B., Format 16×24 cm. Verlag von R. Oldenbourg und Hanns Reich Verlag, München 1951. Preis Hlw. 30,— DM.

**Über die Beziehungen zwischen Schmierung und Verschleiß bei geschmierter Gleitreibung.** Von E. Heidebroek. Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig; Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse; Bd. 96, H. 2. Mit 36 S., 5 B., Format 15×21 cm. Akademie-Verlag, Berlin 1950. Preis kart. 2,75 DM.

**Handbuch der Maschinenindustrie.** 4. Aufl. Hrsg. Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten e. V. (VDMA). Mit 670 und 88 S., Format 19×27 cm. Hoppenstedt Wirtschaftsverlag GmbH., Essen 1950. Preis Glw. 38,— DM.

**Festschrift der T. H. Fridericiana zu Karlsruhe.** Mit 300 S., zahlr. B. Format DIN A 4. Bezug durch Verwaltung d. T. H. Karlsruhe, Hertzstraße 16. Preis 15,— DM.

**Einführung in das Studium der Physik.** Von Prof. Dr. Wolfgang Finkelburg. Mit 119 S., Format 13×20 cm. Carl Winter Universitätsverlag, Heidelberg 1950. Preis geh. 4,95 DM, geb. 6,95 DM.

**Note on the technical development of thermal power stations.** Hrsg. Organisation for European Economic Co-Operation. Mit 40 S., 3 B., zahlr. Taf., Format 21×27 cm. Ateliers de l'O.E.E.C., Paris 1950.

**Ultraschwellen.** Einführung und Praktikum für Radio-Techniker und Amateure. Von Werner W. Diefenbach. (Deutsche Radio-Bucherei, Bd. 105). Mit 105 S., 105 B., Format DIN A 5. Jakob Schneider-Verlag, Berlin-Tempelhof 1951. Preis kart. 4,— DM.

**Elektrische Meßgeräte und Meßverfahren.** Von Dr.-Ing. P. Müller. Mit 193 S., 241 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 21,— DM.

**Einführung in die Probleme des elektrischen Lichtbogen- und Widerstandsofens.** Von Dr.-Ing. Erich Kluss. Mit 263 S., 163 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 28,50 DM.

**Elektrotechnik.** Von Werner Großstück. Mit 288 S., 396 B. Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 10,20 DM, geb. 12,20 DM.

**Höhere Algebra.** Von Prof. Dr. Helmut Hasse. (Slg. Götschen, Bd. 931 u. 932). 3. verb. Aufl. Bd. I: Lineare Gleichungen. Mit 152 S., Bd. II: Gleichungen höheren Grades. Mit 158 S., Format 10,5×15,5 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis je Band (kart.) 2,40 DM.

**Einführung in die Wärmelehre.** Von Walter Savelsberg. Mit 83 S., 20 B., Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 3,60 DM.

**Ortskurvengeometrie in der komplexen Zahlenebene.** Von Dr. W. Michael. Mit 94 S., 37 B., Format 17×24 cm. Verlag Birkhäuser, Basel 1950. Preis Glw. 11,50 sfrs.

**Üben mit 7 Formeln.** Zur Vorbereitung für die Meisterprüfung im Elektrohandwerk. Von Benedikt Gruber. Mit 126 S., 45 B., Format 11×18 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis kart. 4,— DM.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) H. 2.** Inhalt: K. O. Schmidt: Antennen für Richtfunkanlagen; W. Kleen: Das Rauschen der Empfänger; J. Lennertz: Beschaltung der Fernplätze mit Fernleitungen; G. Seelmann-Eggebert: Ein Regler zur gerechten Verteilung der Anrufe im halbautomatischen Fernverkehr; W. Kroeber: Anzeige- und Meßgeräte mit gleitender Oszillator- oder Generatorfrequenz; Th. Kahan und G. Eckart: Über ein einfaches Modell eines atmosphärischen Wellenleiters; F. A. Fischer: Tagung über Nachrichtentheorie; W. Kronjäger: Über eine einfache Anordnung zur Ermittlung der statistischen Verteilung unregelmäßiger elektrischer Vorgänge.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. H. Edler, Neuhaus bei Höchststadt a. d. Aisch, Schloß  
Dipl.-Ing. E. Festl, Linz a. d. Donau, Krausstr. 7  
Dr. Walter Holtz, Berlin-Schmargendorf, Davoser Str. 10  
Ing. Richard Schulz, Berlin-Steglitz, Bismarckstr. 74  
Dr.-Ing. W. Schirp, Gummersbach-Rhd., Friedrichstr. 21  
Dipl.-Ing. R. Schwaben, Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 86/87  
Dipl.-Ing. P. Steglich, Berlin-Lichterfelde, Weddigenweg 35

Abschluß des Heftes: 1. März 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377 44. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 117, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 987 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj.), einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 17,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. April 1951

Heft 7

## Blitzeinschlag-Messungen in Freileitungen

(Mittellung aus den Arbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen)

Von Herbert Baatz, Ruit ü. Eßlingen

DK 621.315.1.015.33/34 : 551.594.221

**Übersicht.** Zur Aufklärung des Verlaufs von Blitzeinschlägen in Freileitungen sind in den Jahren 1933 ... 1940 zahlreiche Messungen mit Stahlstäbchen in Freileitungsnetzen durchgeführt worden. Über das Verfahren [1, 2] und einige Ergebnisse [1, 3, 4] wurde bereits früher berichtet. Die Elektrizitätswerke haben sich auf Anregung der Studiengesellschaft im Laufe der Jahre zunehmend an diesen Untersuchungen beteiligt und sie gewissenhaft durchgeführt. Obgleich die Ergebnisse bereits vor mehreren Jahren gewonnen sind, haben sie allgemeine Bedeutung. Es ist nützlich, sie der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen, zumal sie erkennen lassen, auf welche Weise Freileitungen möglichst gewittersicher zu erstellen sind. Es wird zunächst über die Messungen selbst und anschließend über die Schlußfolgerungen berichtet.

Am Ende des Jahres 1940 waren in den deutschen Freileitungsnetzen von 30 Werken mit Betriebsspannungen von 5 ... 220 kV rund 115 000 Stahlstäbchen eingebaut, mit denen 417 Blitzeinschlagfälle erfaßt wurden. Als „Fall“ sind ein oder mehrere Blitzeinschläge in eine Leitung innerhalb eines begrenzten Gebietes von einem oder mehreren benachbarten Spannungsfeldern bezeichnet, wobei Stahlstäbchen magnetisch wurden. Dabei bleibt es gleichgültig, ob der Betrieb gestört wurde oder nicht. Stahlstäbchen waren sowohl an Masten als auch an den Erdseilen eingebaut. Einige Leitungen mit und ohne Erdseil sind auch an den Leiterseilen damit ausgerüstet worden, um einwandfrei Leiterseileinschläge von Mast- oder Erdseileinschlägen mit rückwärtigen Übersschlägen unterscheiden zu können. Dem gleichen Zweck dienten Stahlstäbchen an den oberen Mastauslegern einer 10 kV-Leitung ohne Erdseil und einer 50 kV-Leitung mit einem Erdseil. Dieses Verfahren ist gegenüber dem ersten einfacher, da zur Überprüfung der Stahlstäbchen die Leitung nicht spannungslos gemacht zu werden braucht, wie es bei Stäbchen an Leiterseilen notwendig ist. Um die Steilheit des Blitzstromanstiegs bestimmen zu können, hatte ein Werk am Mast Leiterschleifen angebracht, an deren offenen Enden Hydronographen angeschlossen waren. Die gemessene Spannung ist ein Maß für die Steilheit des Stromanstiegs. Über den Umfang der mit Stahlstäbchen ausgerüsteten Freileitungen gibt Tafel 1 Aufschluß. Die Längen der Leitungen sind hierbei nach der Betriebsspannung und der Anzahl der Erdseile unterteilt, was für die Beurteilung der Ergebnisse sehr wichtig ist. Von einer Gesamtlänge von rd. 2000 km entfällt der größte Teil, rd. 70%, auf Leitungen mit einem Erdseil. Nach Betriebsspannungen unterteilt überwiegt der Anteil im Spannungsbereich zwischen 80 und 110 kV mit 38%.

Tafel 1. Länge der mit Stahlstäbchen ausgerüsteten Leitungen (Ende 1940)

Spannung kV	Anzahl der Erdseile				Summe	
	0	1	2	3	km	%
unter 50	70	230	—	—	300	15
50 ... 60	100	285	15	—	400	20
80 ... 110	80	330	275	65	750	38
220	—	550	—	—	550	27
<b>Summe</b>	<b>km</b>	<b>km</b>	<b>km</b>	<b>km</b>	<b>km</b>	<b>%</b>
	250	1395	290	65	2000	100
	12,5	70	14,5	3		

Das Ergebnis der Messungen in den Jahren 1933 ... 1940 ist in Tafel 2 zusammengestellt, und zwar unterteilt nach

Fällen ohne und mit Folgen. Um einwandfrei statistisch auswerten zu können, sind dabei Fälle aus Doppelleitungen mit 2 verschiedenen Betriebsspannungen zweimal gewertet, d. h. für jede Betriebsspannung getrennt behandelt worden. Bei einem Fall „ohne Folgen“ sind keine Überschläge auf der Leitung aufgetreten. Im Fall „mit Folgen“ ist es zu Überschlägen gekommen, wobei es gleichgültig bleibt, ob Schäden festgestellt wurden oder nicht. Zur Beurteilung der Gewittersicherheit von Leitungen gibt diese Aufstellung nach Überschlägen, auch wenn keine Schäden vorlagen, einwandfreiere Grundlagen.

Von 1434 Fällen sind insgesamt 75% ohne Folgen, d. h. ohne Überschläge verlaufen. Noch günstiger ist das Ergebnis, wenn man nur die Leitungen mit Erdseilen betrachtet, bei denen 81% ohne Folgen waren. Bei den Leitungen ohne Erdseil hingegen ist der Anteil der Fälle ohne und mit Folgen annähernd gleich, was vor allem auf die ungeschützten Leiterseile zurückzuführen ist. Nach Betriebsspannungen unterteilt sieht man, daß unter 50 kV annähernd gleich viele Fälle ohne und mit Folgen aufgetreten sind. Die Anzahl der Fälle ohne Folgen nimmt mit steigender Betriebsspannung zu, so daß sich bei 220 kV bereits 91% ergeben. Die Aufstellung zeigt, daß es ab 110 kV möglich sein muß, die Freileitungen praktisch gewitterfest zu erstellen.

Tafel 2. Ergebnis der Stahlstäbchenmessungen der Jahre 1933 ... 1940; Anzahl der Fälle mit und ohne Folgen

Spannung, kV	Anzahl d. Erdseile	Folgen	unter 50		50 ... 60		80 ... 110		220		Summe der Fälle		
			Fälle		Fälle		Fälle		Fälle		Anzahl		
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	
0	ohne mit	—	—	55	42	48	56	16	52	—	—	119	48
		76	58	37	44	15	48	—	—	128	52		
		gesamt	131	100	85	100	31	100	—	—	247	100	
1	ohne mit	—	—	120	62	152	75	312	81	210	91	794	78
		74	38	51	25	72	19	22	9	219	22		
		gesamt	194	100	203	100	384	100	232	100	1013	100	
2	ohne mit	—	—	1	100	6	100	132	95	—	—	139	95
		—	—	—	—	7	5	—	—	7	5		
		gesamt	1	100	6	100	139	100	—	—	146	100	
3	ohne mit	—	—	—	—	—	—	25	89	—	—	25	89
		—	—	—	—	3	11	—	—	3	11		
		gesamt	—	—	—	—	28	100	—	—	28	100	
1 ... 3 (Summe)	ohne mit	—	—	121	62	158	76	469	85	210	91	958	81
		74	38	51	24	82	15	22	9	229	19		
		gesamt	195	100	209	100	551	100	232	100	1187	100	
Summe	ohne mit	—	—	176	54	206	70	485	83	210	91	1077	75
		150	46	88	30	97	17	22	9	357	25		
		gesamt	326	100	294	100	582	100	232	100	1434	100	

Die Ergebnisse der Jahre 1937 ... 1940 sind nochmals getrennt in Tafel 3 wiedergegeben, da es nach den Messungen der ersten 4 Jahre zweckmäßig schien, durch vermehrten Einbau von Stahlstäbchen einwandfreiere Unterlagen zu erhalten. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich daher durchweg auf das Ergebnis der Jahre 1937 ... 1940. Ein Ver-

gleich der Tafeln 2 und 3 zeigt, daß in den Verhältniswerten nur unwesentliche Abweichungen vorliegen.

Tafel 3. Ergebnis der Stahlstäbchenmessungen der Jahre 1937 ... 1940; Anzahl der Fälle mit und ohne Folgen

Spannung, kV	Anzahl d. Erdseile	Folgen	unter 50		50 ... 60		80 ... 110		220		Summe der Fälle	
			Fälle		Fälle		Fälle		Fälle		Anzahl	
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
0	ohne mit	— —	23	34	30	53	8	40	—	—	61	42
			45	66	27	47	12	60	—	—	84	58
			68	100	57	100	20	100	—	—	145	100
1	ohne mit	— —	76	60	92	79	168	81	115	88	451	77
			51	40	25	21	39	19	16	12	131	23
			127	100	117	100	207	100	131	100	582	100
2	ohne mit	— —	1	100	2	100	106	96	—	—	109	97
			—	—	—	—	4	4	—	—	4	3
			1	100	2	100	110	100	—	—	113	100
3	ohne mit	— —	—	—	—	—	24	89	—	—	24	89
			—	—	—	—	3	11	—	—	3	11
			—	—	—	—	27	100	—	—	27	100
1 ... 3 (Summe)	ohne mit	— —	77	60	94	79	298	87	115	88	584	81
			51	40	25	21	46	13	16	12	138	19
			128	100	119	100	344	100	131	100	722	100
Summe	ohne mit	— —	100	51	124	70	306	84	115	88	645	74
			96	49	52	30	58	16	16	12	222	26
			196	100	176	100	364	100	131	100	867	100

Aufschlußreich ist eine Unterteilung der Blitzeinschläge in die Leitungen nach der Anzahl der Erdseile und Einschlagorte, und zwar Mast oder Spannfeld in Tafel 4. Während bei Leitungen ohne Erdseil 47% der Einschläge die Spannfelder treffen, steigt mit zunehmender Anzahl der Erdseile dieser Anteil bei 1 Erdseil auf 66%, bei 2 Erdseilen auf 79% und bei 3 Erdseilen sogar auf 91% an. Zunächst fällt auf, daß bei Leitungen ohne Erdseil rund die Hälfte der Blitzschläge den gegenüber der großen Länge der ungeschützten Spannfelder nur kleinen Ausschnitt der Maste trifft. Die durch den gederten Mast verursachte Felddausbildung über dem Erdboden müßte also einen gewissen Einfluß auf das Vorwachen des Blitzes in der Nähe der Erde ausüben. Dafür sprechen Laboratoriumsversuche mit Stoßspannungen und die Beobachtung, daß durch Stahlstäbchen an den oberen Mastauslegern Entladungen festgestellt wurden. Solche Gegenentladungen wurden sogar noch an Nachbarmasten gemessen.

Tafel 4. Einschläge in Maste und Spannfelder in Abhängigkeit von der Anzahl der Erdseile

Anzahl der Erdseile	0		1		2		3	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Einschläge in								
Maste	86	53	223	34	28	21	3	9
Spannfelder	75	47	432	66	107	79	29	91
Gesamt	161	100	655	100	135	100	32	100

Auch die Anzahl der Erdseile hat, wie Tafel 4 zeigt, Einfluß auf den Anteil der Einschläge in die Spannfelder, obwohl der Abstand der Erdseile sehr gering ist gegenüber der Länge der Spannfelder. Die Spannfeldeinschläge steigen von 66% bei einem Erdseil auf 91% bei 3 Erdseilen an.

Sind Erdseile vorhanden, nehmen nach Tafel 5 die Einschläge in die spannungsführenden Teile, d. h. die Leiterseile, gegenüber denen in geerdete Teile, d. h. Mast und Erdseile, mit zunehmender Anzahl der Erdseile sehr schnell ab. Während bei Leitungen ohne Erdseil 47% der Einschläge die Leiterseile treffen, werden bei der Leitung mit 1 Erdseil die Leiterseile zu nur noch 5% getroffen. Bei Leitungen mit 2

Tafel 5. Einfluß der Erdseile auf die Einschläge in geerdete Teile (Maste und Erdseile) und Leiterseile

Anzahl der Erdseile	0		1		2		3	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Einschläge in								
Leiterseile	75	47	32	5	—	—	—	—
geerdete Teile	86	53	623	95	135	100	32	100
Gesamt	161	100	655	100	135	100	32	100

und 3 Erdseilen sind in den untersuchten Fällen überhaupt keine Einschläge mehr in Leiterseile eingetreten. Dieser Verlauf zeigt den hohen Schutzwert von bereits einem Erdseil. Mit 2 oder 3 Erdseilen können Leiterseileinschläge gänzlich vermieden werden.

Leiterseileinschläge führen im allgemeinen, obgleich nicht immer erkennbare Spuren gefunden werden, zu Überschlägen an den nächsten Masten. Der Einfluß der Höhe der Betriebsspannung auf die Anzahl der Fälle mit Folgen kann daher, wie Tafel 6 zeigt, nur bei Leitungen mit Erdseilen besonders hervortreten.

Tafel 6. Einfluß der Betriebsspannung auf die Anzahl der Fälle ohne und mit Folgen bei Leitungen mit Erdseil

Spannung, kV	unter 50		50 ... 60		80 ... 110		220	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Fälle								
ohne Folgen	77	60	94	79	298	87	115	81
mit Folgen	51	40	25	21	46	13	16	11
Gesamt	128	100	119	100	344	100	131	100

Während bei Betriebsspannungen unter 50 kV nur 60% der Fälle ohne Folge bleiben, steigt dieser Anteil bis auf 88% bei der Betriebsspannung von 220 kV. Dieser Einfluß der Betriebsspannung ist darauf zurückzuführen, daß Folgen nur bei Leiterseileinschlägen und Erdseil- oder Masteseinschlägen mit rückwärtigen Überschlägen auftreten. Bei Leitungen mit Erdseilen wird durch deren Schutzwirkung der Anteil der Leiterseileinschläge sehr stark zurückgedrückt (s. Tafel 5), so daß überwiegend rückwärtige Überschläge die Ursache von Folgen bilden. Rückwärtige Überschläge sind aber abhängig von der Höhe der Stoßüberschlagsspannung der Leitungsisolation, die mit steigender Betriebsspannung natürlich auch größer wird, so daß sich damit die Möglichkeit derartiger Überschläge verringert. Demgegenüber tritt bei Leitungen ohne Erdseil der Anteil der Leiterseileinschläge mit 47% sämtlicher Einschläge sehr stark hervor und überdeckt damit die auch hier vorhandene Abhängigkeit der rückwärtigen Überschläge von der Höhe der Betriebsspannung.

Eine Untersuchung der Fälle mit Folgen auf die Art der Überschläge hin in Tafel 7 zeigt, daß der Anteil der rückwärtigen Überschläge als Ursache von Folgen mit zunehmender Anzahl der Erdseile ansteigt. Während bei Leitungen ohne Erdseil nur 16% der Fälle mit Folgen auf rückwärtige Überschläge zurückzuführen sind, erhöht sich dieser Anteil auf 76% bei Leitungen mit 1 Erdseil. Bei Leitungen mit 2 und 3 Erdseilen sind die Fälle mit Folgen ausschließlich durch rückwärtige Überschläge verursacht, da Leiterseileinschläge hier nicht aufgetreten sind. Die Anzahl der Überschläge ist teilweise etwas größer als in Tafel 3, da Doppelseileinschläge gegenüber der Anzahl der Fälle zweifach gewertet wurden.

Tafel 7. Ursachen der Folgen in Abhängigkeit von der Anzahl der Erdseile

Anzahl der Erdseile	0		1		2		3	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Fälle mit:								
Leiterseileinschlägen	75	84	32	24	—	—	—	—
rückwärt. Überschlägen	14	16	100	76	4	100	3	100

Wie schon erwähnt, hat ein Werk eine 50 kV-Doppelleitung mit 1 Erdseil in umgekehrter Tannenbaumform und eine 110 kV-Doppelleitung ohne Erdseil in Tannenbaumform mit Stahlstäbchen an den oberen Auslegern der Maste ausgerüstet. Der Zweck dieser Anordnung ist, aus der Polarität und der Remanenz der Stäbchen Leiterseileinschläge mit Überschlägen zu den Masten von rückwärtigen Überschlägen unterscheiden zu können. Die Ergebnisse haben nun gezeigt, daß bei Blitzeinschlägen in die Maste, Erd- oder Leiterseile die Stahlstäbchen an den Auslegern in der Nähe der Einschlagstelle öfter Ströme bis zu einigen wenigen kA anzeigten, ohne daß diese Ströme in unmittelbarem Zusammenhang mit der Stromverteilung durch den Einschlag standen. Die von den Stahlstäbchen angezeigte Richtung der Ströme deutet darauf hin, daß anscheinend von den Enden

der Mastausleger Entladungen ausgehen, die dem Blitz entgegenwachsen. Derartige Gegenentladungen dürften wahrscheinlich mit dem Blitzkanal selbst nicht zusammentreffen, worauf die verhältnismäßig geringen Ströme schließen lassen. Auch Seitenentladungen der Blitzkanäle können als unwahrscheinlich angesehen werden. Die bei Einschlägen in die Leiterseile und auch durch rückwärtige Überschläge verursachten Ströme in den Leiterseilen sind von Gegenentladungen an den Auslegern nicht immer einwandfrei zu trennen, weil beide Ströme in der gleichen Größenordnung liegen.

Bei der 50 kV-Leitung ließ sich in einem Fall einwandfrei ein rückwärtiger Überschlag bei einer Stromstärke von rd. 7 kA feststellen, obwohl der Rechnung nach die Stoßspannung am Mastkopf unter der Stoßüberschlagspannung der Isolation gelegen haben müßte. Bei den übrigen 11 Fällen konnten nur Entladungen mit Stromstärken in der Größe von 0,5...2,5 kA festgestellt werden. Davon ließ sich in 2 Fällen nachweisen, daß rückwärtige Überschläge nicht an den oberen Auslegern eingetreten sein konnten, die Spannung am Mastkopf mußte hier zu rückwärtigen Überschlägen an den mittleren und unteren Auslegern geführt haben. Übereinstimmend damit wurden auch nur Überschlagspuren an den Isolatoren dieser Ausleger gefunden.

Bei der 110 kV-Leitung konnten in 6 Fällen Einschläge in das obere Leiterseil mit Überschlägen zu den Masten hin festgestellt werden. Die in den Auslegern und Masten gemessenen Ströme stimmten überein; sie lagen in der Größe von 5...25 kA. Teilweise sind auch von einigen Auslegern Gegenentladungen mit Stromstärken bis zu 5 kA aufgetreten. In einem Fall konnte bei einem Masteinschlag im Ausleger dieses Mastes eine Gegenentladung von 4 kA festgestellt werden, während in 3 Fällen nur Gegenentladungen mit Stromstärken von 2...3 kA gefunden wurden, ohne daß Einschläge in den betroffenen oder benachbarten Masten festzustellen waren. Es wäre auch denkbar, daß es sich hierbei um Einschläge mit sehr geringer Stromstärke handelte. Die Messungen mit Stahlstäbchen an Auslegern haben die Erforschung des Blitzvorganges beim Einschlag in Leitungen insofern erweitert, als auch Ströme in den oberen Auslegern der Maste beobachtet wurden, die vom Blitzeinschlag selbst nicht betroffen worden sind. Es könnte angenommen werden, daß wegen der Spitzenwirkung dieser Ausleger während des Vorwachsens des Blitzes Entladungen von ihren Enden aus auftraten. Die Stromstärken derartiger Gegenentladungen wurden bei Leitungen mit Erdseil bis zu 2,5 kA, bei Leitungen ohne Erdseil bis zu 5 kA ermittelt.

Die Steilheitsmessungen mit Klydonographen an einer 60 kV-Einfachleitung ohne Erdseil mit Blitzauffangstangen an den Masten haben bei einem Einschlag mit einem Blitzstrom von + 23 kA eine Steilheit des Stromanstiegs in dem betroffenen Mast von 20...30 kA/μs und in den beiden Nachbarmasten von 10...15 kA/μs ergeben, wobei keine meßbaren Ströme (unter 1,5 kA) geflossen sind. In dem zweiten Fall betrug bei einem negativen Blitzstrom von weniger als 18 kA die Steilheit eines Stromanstiegs in einem zwei Felder weiter entfernten Mast 10 kA/μs. Der Strom muß auch hier unter 1,5 kA betragen haben.

Bei Überprüfung der 19 Klydonographen-Meßstellen am Ende des Jahres 1940 zeigte sich, daß an 13 Masten Klydonogramme aufgezeichnet waren, obwohl die Stahlstäbchen an den betreffenden Masten als unmagnetisch befunden und auch Einschläge in die Leitung nicht festgestellt wurden. Die Auswertung dieser Klydonogramme hat ergeben, daß Ströme in 8 Masten mit 10...15 kA/μs

- „ 3 „ „ 16...20 „
- „ 2 „ „ 25...30 „

stürnsteilheit geflossen sein müssen. Da die Stahlstäbchen an den Masten unmagnetisch waren, müssen die Ströme kleiner als 1,5 kA gewesen sein. Ob es sich hierbei um Blitzeinschläge mit derart geringen Stromstärken oder um Gegenentladungen handelt, die von den geerdeten Blitzauffangstangen ausgehen, kann nicht festgestellt werden. In 6 Fällen war die Polarität der abgeleiteten Wolkenladung nega-

tiv, in einem Fall positiv und in 6 Fällen konnte die Polarität nicht ermittelt werden, da die Einbaulage der Klydonographen nicht mehr bekannt war.

Aus der Summe der abgeflossenen Ströme der Stromverteilungsbilder jedes Blitzeinschlages wurde die vermutliche Stromstärke im Blitzkanal errechnet und aus der Richtung der Ströme die Polarität der abgeleiteten Wolkenladung bestimmt. Die insgesamt erfaßten Blitzeinschläge sind in Gruppen, die um je 10 kA steigen, in Tafel 8 zusammengestellt. Von der Gesamtzahl der Blitze sind 87% aus negativ und 13% aus positiv geladenen Wolkenteilen gekommen. Auffallend ist, daß der jeweilige Anteil der Blitzeinschläge aus positiv geladenen Wolkenteilen von der ersten Stufe ab ständig kleiner wird, während bei Einschlägen aus negativ geladenen Wolkenteilen die Anzahl der Blitzströme zwischen 10 und 20 kA zunächst ansteigt, um dann erst wieder geringer zu werden. Blitzeinschläge mit Stromstärken bis 10 kA könnten vielleicht noch weit häufiger gewesen sein, da die untere Ansprechgrenze der Stahlstäbchen an Masten bei etwa 2,5 kA und an Erdseilen bei etwa 1 kA liegt. So werden wahrscheinlich Einschläge in die Maste von Leitungen mit

Erdseilen mit Stromstärken in der Größe von 3 kA und darunter durch die Stahlstäbchenmessungen gar nicht erfaßt. Ist das Erdseil nicht mit Stahlstäbchen ausgerüstet, so könnten auch Erdseileinschläge mit Blitzströmen bis annähernd 5 kA unbeobachtet bleiben. Auch die Messungen mit Auslegerstäbchen, deren Ansprechgrenze bei etwa 0,5 kA liegt, lassen vermuten, daß verschiedentlich Einschläge mit geringer Stromstärke auftreten, die sich aber auf die Leitungen nicht aus-

Tafel 8. Häufigkeit der Stromstärken im Blitzkanal und Polarität der Wolkenladungen.

mit Stromstärken kA	Anzahl der Blitzströme		Summe
	Wolkenladung positiv	Wolkenladung negativ	
bis 10	65	172	237
10 ... 20	24	194	218
20 ... 30	9	177	186
30 ... 40	6	115	121
40 ... 50	5	84	89
50 ... 60	5	41	46
60 ... 70	3	22	25
70 ... 80	2	14	16
80 ... 90	1	13	14
90 ... 100	—	5	5
100 ... 110	1	8	9
110 ... 120	—	2	2
120 ... 130	—	4	4
130 ... 140	1	2	3
140 ... 150	—	3	3
150 ... 160	—	2	2
160 ... 170	—	—	—
170 ... 180	1	1	2
400	1	—	1
Summe	Anzahl 124	859	983
	o/o 13	87	100

wirken, sofern sie nicht Leiterseile treffen.

Unterteilt man die Blitzströme nach der Anzahl der Erdseile, so ergibt sich, wie dies in Bild 1 dargestellt ist, anscheinend eine gewisse Abhängigkeit. Da die Zahl der Ergebnisse aus Leitungen mit 3 Erdseilen verhältnismäßig klein ist, sind diese zu den Leitungen mit zwei Erdseilen hinzugenommen, zumal keine grundsätzlichen Unterschiede zu erkennen waren. Von der Gesamtauswertung weisen 77% Ströme bis zu 40 kA, 94% bis zu 70 kA und 97,4% bis zu 100 kA auf. Eine Erklärung für die Verteilung der Stromstärken, abhängig von der Anzahl der Erdseile, konnte bisher nicht gefunden werden. Vielleicht ist die Ursache in der verhältnismäßig geringen Zahl der Meßergebnisse der Lei-

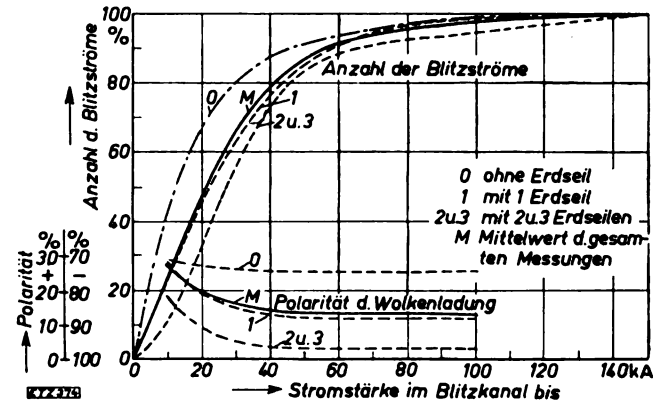


Bild 1. Stromstärken im Blitzkanal und Polaritäten der Wolkenladungen bei Einschlägen in Leitungen ohne und mit 1, 2 und 3 Erdseilen.

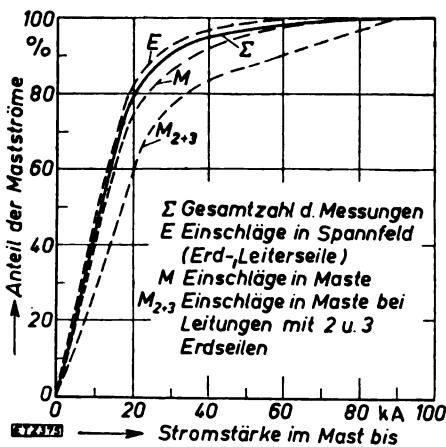


Bild 2. Stromstärken in Masten bei Einschlägen in Maste, Erd- und Leiterseile.

tungen ohne und mit zwei oder drei Erdseilen gegenüber Leitungen mit einem Erdseil oder in einer zahlenmäßig größeren Erfassung von Einschlägen mit geringeren Stromstärken bei abnehmender Anzahl der Erdseile zu suchen. Es könnte auch sein, daß andere, bisher noch nicht bekannte Erscheinungen wirksam sind.

Auffällig ist, daß der Anteil der Blitzschläge aus positiv geladenen Wolken bei kleinen Stromstärken ganz erheblich ansteigt (Bild 1). Bei Strömen bis 10 kA beträgt dieser Anteil 27%, also über das Doppelte des Durchschnittswertes. Überraschend ist ferner, daß mit zunehmender Zahl der Erdseile anteilmäßig weniger Blitzschläge aus positiv geladenen Wolkenteilen auftreten.

Blitzschläge mit Strömen über 100 kA sind in 25 Fällen (2,6%) festgestellt worden. Als höchster Wert wurde 1937 mit verhältnismäßig großer Sicherheit 400 kA bei positiver Polarität der Wolkenladung ermittelt. Diesem Blitzschlag ist ein zweiter mit 100 kA bei negativer Polarität gefolgt. Derartig große Blitzströme dürften äußerst selten sein. Vorher wurde erst einmal, im Jahre 1936, ein Blitzstrom von 400 kA bei negativer Polarität vermutet, dem ein zweiter mit über 200 kA bei positiver Polarität gefolgt sein dürfte. Die übrigen 24 Blitzschläge liegen im Bereich von 100 ... 180 kA.

Für die Bemessung der Ausbreitungswiderstände der Maste [5] sind die in den Masten abfließenden Ströme maßgebend. In den Bildern 2 und 3 sind die gemessenen Stromstärken in Masten und Erdseilen bei Einschlägen in geerdete und spannungsführende Teile angegeben. Bei Einschlägen in Maste ist nur der Strom im betroffenen Mast, bei Einschlägen in das Erdseil oder Leiterseil sind die Ströme in den das betroffene Spannfeld begrenzenden Masten verwertet worden. Dabei ergibt sich eine doppelt so große Anzahl der Mastströme bei Einschlägen in Erd- oder Leiterseile als der Zahl der Einschläge selbst entspricht. Die meisten Ergeb-

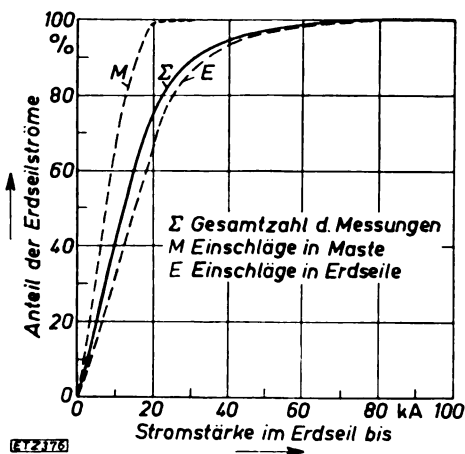


Bild 3. Stromstärken in Erdseilen bei Einschlägen in Maste, Erd- und Leiterseile.

nisse liegen aus Leitungen mit einem Erdseil vor. Nur in einem Fall wurde ein Maststrom von 100 kA erreicht. Grundsätzliche Unterschiede in der Höhe der Mastströme bei Mast- und Erdseileinschlägen treten nicht auf. Im Durchschnitt liegen rd. 79% der Mastströme unter 20 kA, rd. 95% unter 40 kA und rd. 99% unter 60 kA. Nach den vorliegenden Messungen muß mit Mastströmen bis zu 60 kA unbedingt gerechnet werden.

In den Erdseilen haben sich bei Einschlägen in die Maste überhaupt nur Ströme bis 30 kA ergeben. Dagegen müssen bei Einschlägen in die Erdseile diese bedeutend höhere Ströme führen, da sie bis zu den nächsten Masten im Hauptweg des Blitzstromabflusses liegen. Der größte Teil der Ströme, rd. 99%, liegt unter 70 kA, darüber wurden nur noch 10 Ströme bis allerdings 260 kA gemessen.

Über die Stromstärken in Leiterseilen liegen leider wenig Ergebnisse vor. Bei Einschlägen in die Leiterseile wurden Ströme bis 6 kA, bei rückwärtigen Überschlägen bis 10 kA gemessen.

Die Gewittereinwirkungen auf Freileitungen [6] können nicht allein auf Grund eingetretener Überschläge und Schäden untersucht werden, da diese vor allem auf die Erdungsbedingungen der Maste zurückzuführen sind, sofern es sich nicht um Leiterseileinschläge handelt. Wie die Stahlstäbchenmessungen ergeben haben, ist die Zahl der Einschläge bedeutend größer als die Zahl der Schäden, da nach Tafel 2 bei Leitungen mit Erdseilen nur 19% aller Einschläge mit Folgen verlaufen sind. Bei Leitungen ohne Erdseil ließen sich schon eher aus den Störungsbefunden Rückschlüsse auf Gewittereinwirkungen ziehen, denn rund die Hälfte aller Einschläge trifft die Leiterseile. In diesen Fällen schlagen fast ausnahmslos die Isolatoren über, wobei allerdings nicht immer erkennbare Spuren zurückbleiben müssen. Eine einwandfreie Übersicht über die Gewittereinwirkungen kann nur durch die Stahlstäbchenmessung, die die Bestimmung der Einschlagstellen ermöglicht, gewonnen werden. Für einige Leitungen ist während mehrerer Jahre die Verteilung der Blitzschlagstellen längs der Leitungen bestimmt worden. Das zusammengefaßte Ergebnis zeigt die Tafel 9. Die Untersuchungen haben ergeben, daß in keinem Fall während der einzelnen Jahre die Einschlagstellen gleichbleibend örtlich gehäuft waren. Die Zahl der Einschläge kann außerordentlich schwanken. Überschläge werden, sofern sie nicht auf Einschläge in die Leiterseile zurückzuführen sind, im allgemeinen durch die Erdungsverhältnisse der Maste und die Größe der in den Masten abzuführenden Ströme bedingt. Sie allein bieten keinen klaren Aufschluß über die Gewittergefährdung einer Leitung. Die Blitzschlagstellen verteilen sich fast gleichmäßig über die ganzen Leitungsstrecken, ohne daß eine besondere Bevorzugung einzelner Abschnitte erkennbar wäre. Die jährlichen Schwankungen in der Anzahl der Einschläge sind teilweise sehr beträchtlich. Sie können durch klimatologische und meteorologische Gegebenheiten in den verschiedenen Jahren bedingt sein.

Die Ergebnisse zeigen aber vor allem, daß Maßnahmen zur Erhöhung der Gewittersicherheit von Leitungen nicht auf einzelne Abschnitte beschränkt bleiben dürfen, sondern auf die ganze Leitung erstreckt werden müssen, da die Wahrscheinlichkeit für Blitzschläge auf der ganzen Leitungslänge etwa gleich groß ist. Dabei muß allerdings vorausgesetzt werden, daß die Gewitterhäufigkeit der Gebiete infolge anderer geographischer Bedingungen nicht zu verschiedenartig ist.

Tafel 9. Zahl der Einschläge in Leitungen während mehrerer aufeinanderfolgender Jahre

a) 50 kV-Einfachleitung ohne Erdseil, Länge 34 km mit 175 Masten, Leiter in horizontaler Ebene

Jahr der Messung 19...	34	35	36	37	38	39
Anzahl der betref. Maste	22	8	9	11	12	8
Anzahl der Einschläge in Mast Leiterseil gesamt	1 7 8	4 2 6	3 1 4	4 3 7	5 3 8	6 1 7
Maste mit Überschlägen	4	1	0	3	4	3



b) 50 kV-Doppelleitung mit 1 Erdseil, Länge 39 km mit 188 Masten, umgekehrte Tannenbaumform

Jahr der Messung 19		33	34	35	36	37	38	39	40
Anzahl der betroff. Maste		10	14	5	6	58	25	56	8
Anzahl der Einschläge in	Mast	2	2	1	0	1	1	2	0
	Erdseil	0	2	1	2	12	6	13	3
	Leiterseil	0	0	0	0	1	0	0	0
Leiterseil gesamt		2	4	2	2	14	7	15	3
Maste mit Überschlügen		1	2	1	0	6	0	3	1

c) 110 kV-Doppelleitung mit 1 Erdseil, Länge 60 km mit 253 Masten, umgekehrte Tannenbaumform

Jahr der Messung 19		33	34	35	36	37	38	39	40
Anzahl der betroff. Maste		76	112	9	67	93	30	65	74
Anzahl der Einschläge in	Mast	9	7	0	3	1	4	3	3
	Erdseil	11	11	2	9	15	2	7	18
	Leiterseil	1	1	0	0	0	0	0	0
Leiterseil gesamt		21	19	2	12	16	6	10	21
Maste mit Überschlügen		5	5	0	2	8	0	0	0

d) 220 kV-Doppelleitung mit 1 Erdseil, Länge 183 km mit 669 Masten, Tonnenform

Jahr der Messung 19		35	36	37	38
Anzahl der betroff. Maste		65	87	73	67
Anzahl der Einschläge in	Mast	21	20	21	26
	Erdseil	15	24	11	11
	Leiterseil	1	4	7	3
Leiterseil gesamt		37	48	39	40
Maste mit Überschlügen		1	5	15	3

Bei Leitungen ohne Erdseil trifft nach Tafel 5 rd. die Hälfte aller Blitzschläge die Leiterseile. Schon bei Verlegung eines Erdseiles auf den Mastspitzen gehen im Durchschnitt nur 5% der Einschläge in die Leiterseile, während bei 2 und 3 Erdseilen in den untersuchten Fällen überhaupt keine Leiterseileinschläge mehr eingetreten sind. Diese Tatsache läßt die Frage aufkommen, welches die zweckmäßigste Anordnung der Erdseile im Mastkopfbild ist, damit Einschläge in die Leiterseile vermieden werden [7].

Maßgebend ist die Lage des obersten oder äußersten Leiterseiles zum Erdseil, zu deren Kennzeichnung das Verhältnis  $s/w$  des senkrechten Höhenunterschiedes  $s$  zwischen Erd- und Leiterseil zur waagerechten Versetzung  $w$  des Leiterseiles gegenüber dem Erdseil eingeführt wird. Alle Fälle aus Leitungen mit Erdseilen sind auf das Verhältnis  $s/w$  hinsichtlich der Einschläge in die Leiterseile untersucht worden, wobei die verschiedenen Mastkopfbilder zu einzelnen sich ähnelnden Gruppen zusammengefaßt sind. In Tafel 10 sind die Zahlen der gesamten Blitzschläge in Maste, Erdseile und Leiterseile und die Einschläge in die Leiterseile allein für Doppelleitungen mit 1 Erdseil bei Betriebsspannungen von 15 kV und darüber während der Jahre 1937... 1940 zusammengestellt. Tafel 11 zeigt in gleicher Art das entsprechende Ergebnis für Einfachleitungen mit 1 Erdseil. Der Vollständigkeit halber ist noch angegeben, wieviel Einschläge zu rückwärtigen Überschlügen geführt haben. Beide Aufstellungen sind unterteilt nach Betriebsspannungen und dem Abstandsverhältnis  $s/w$  in Tafel 12 zusammengefaßt. Die Einschläge in Leiterseile führen bis auf eine Entladung aus positiv geladenen Wolkenteilen, bei der die Blitzstromstärke unter 10 kA liegt, negative Wolkenladung bei Blitzstromstärken bis etwa 60 kA ab. 23 der 25 Einschläge weisen nur Stromstärken bis 40 kA auf.

Das Abstandsverhältnis  $s/w$  liegt bei dem größten Teil der untersuchten Leitungen zwischen 2 und 0,6. Die höheren Werte betreffen größtenteils Einfachleitungen und Doppelleitungen in Tannenbaumform, die kleineren Werte Doppelleitungen in umgekehrter Tannenbaumform und mit Anordnung der Leiterseile in einer Ebene. Leiterseileinschläge sind von einem Abstandsverhältnis  $s/w < 1,3$  ab festgestellt worden. Ob die Betriebsspannung, d. h. die räumliche Größe, einen Einfluß darauf hat, geht aus den bisherigen Ergebnissen nicht hervor.

Tafel 10. Blitzschläge in Doppelleitungen mit 1 Erdseil in den Jahren 1937... 1940

Mastkopfbild	Spannung kV	s/w	Anzahl der Einschläge			
			gesamt	in Leiterseil pos.	neg. mit rückw. Überschlügen	
	30	1,6	43	—	—	21
		1,6	1	—	—	—
		1,45	27	—	—	1
		1,25	9	—	—	1
		1,05	7	—	—	1
0,8	3	—	—	—		
	110	1,8	22	—	—	—
		1,6	22	—	—	2
		1,4	74	—	—	4
		1,3	3	—	—	—
		1,2	61	1	2	16
220	1,4	54	—	—	—	
	0,85	84	—	10	—	
Summe			410	1	12	46
	15	1,3	2	—	—	1
		1,0	30	—	—	2
		0,76	10	—	—	1
		0,73	40	—	1	12
		0,69	4	—	1	—
	110	0,81	7	—	1	—
		0,76	12	—	—	1
		0,73	57	—	—	3
		0,7	1	—	—	—
		0,67	2	—	—	—
Summe			165	—	3	20
	15... 30	1,5	4	—	—	1
		0,76	1	—	—	—
		0,75	6	—	—	—
50	0,92	10	—	—	1	
	0,86	14	—	1	—	
	0,8	6	—	1	—	
Summe			41	—	2	2
	50	0,42	3	—	1	—
		0,33	8	—	5	—
Summe			11	—	6	—
Summe	Anzahl %		627	1	23	68
			100	3,8	11	

Tafel 11. Blitzschläge in Einfachleitungen mit 1 Erdseil in den Jahren 1937... 1940

Mastkopfbild	Spannung kV	s/w	Anzahl der Einschläge			
			gesamt	in Leiterseil pos.	neg. mit rückw. Überschlügen	
	20... 40	2,4	9	—	—	—
		1,8	1	—	—	—
		1,7	2	—	—	2
		1,6	11	—	—	3
		1,4	9	—	—	3
		1,0	6	—	—	1
		0,48	1	—	1	—
	50	1,85	7	—	—	1
		1,7	4	—	—	1
		1,4	1	—	—	—
110	1,1	3	—	—	—	
	0,93	2	—	—	—	
Summe			56	—	1	11
	30	1,6	14	—	—	5
Summe			14	—	—	5
Summe	Anzahl %		70	—	1	16
			100	1,4	23	

Die verhältnismäßig größte Zahl von Leiterseileinschlägen (10 von insgesamt 84 Einschlägen) ist bei der 220 kV-Leitung mit einem Mastbild in Tonnenform aufgetreten. Hier ist das Abstandsverhältnis  $s/w$  für das obere Leiterseil wegen der großen Ausladung der Ausleger ziemlich klein.

und zwar  $s/w = 0,85$ . Für das Leiterseil des rd. 12 m weit ausladenden mittleren Auslegers zum Erdseil ist  $s/w = 0,96$  und für das mittlere zum oberen Leiterseil  $s/w = 1,1$ . Einschläge in den mittleren Leiter sind somit nicht ausgeschlossen; sie sind sogar in 4 Fällen während der Jahre 1935 und 36 eingetreten. Günstig verhält sich dagegen die 220 kV-Leitung in Tannenbaumform, bei der  $s/w = 1,4$  ist. Diese Leitung trägt nur auf der einen Seite einen 220 kV-Stromkreis, während der Stromkreis der anderen Seite für 110 kV ausgelegt ist, für dessen oberes Leiterseil wegen der kürzeren Isolatorenketten das Abstandverhältnis  $s/w = 1,2$  beträgt. Von den 54 Einschlägen in diese Leitung gingen 3 in das obere 110 kV-Leiterseil, während das entsprechende 220 kV-Leiterseil einschlagfrei blieb.

Tafel 12. Zusammenstellung der Blitzeinschläge in Leitungen mit 1 Erdseil abhängig vom Abstandsverhältnis  $s/w$  des oberen Leiterseiles zum Erdseil in den Jahren 1937 ... 1940

Spannung	unter 50 kV			50 ... 60 kV			110 kV			220 kV			Summe		
	G	R	L	G	R	L	G	R	L	G	R	L	G	R	L
$s/w > 2$	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—
$2 \dots 1,6$	71	31	—	12	2	—	44	2	—	—	—	—	127	35	—
$1,6 \dots 1,3$	11	4	—	28	1	—	77	4	—	54	—	—	170	9	—
$1,3 \dots 1,0$	10	2	—	46	4	—	64	16	3	—	—	—	120	22	3
$1,0 \dots 0,8$	—	—	—	3	—	—	39	1	3	84	—	10	126	1	13
$0,8 \dots 0,6$	1	—	—	60	13	2	72	4	—	—	—	—	133	17	2
$0,6 \dots 0,4$	1	—	1	3	—	1	—	—	—	—	—	—	4	—	2
$0,4 \dots 0,2$	—	—	—	—	—	—	8	—	5	—	—	—	8	—	5
Summe	103	37	1	152	20	3	304	27	11	138	—	10	697	84	25

G = Gesamtzahl der Einschläge, R = Einschläge mit rückwärt. Überschlügen, L = Leiterseileinschläge

Doppelleitungen mit Anordnung der Leiter in einer Ebene und mit 1 Erdseil auf der Mastspitze sind, wie Tafel 10 zeigt, gegen Leiterseileinschläge sehr anfällig. Von insgesamt 11 Einschlägen haben 6, also über die Hälfte, die äußeren Leiterseile getroffen. Das Abstandverhältnis  $s/w$  ist mit 0,42 bzw. 0,33 sehr klein. Dieses Mastkopfbild ist demnach mit nur 1 Erdseil sehr gewittergefährdet. Zur Erreichung einer genügenden Schutzwirkung müßten mindestens 2 oder sogar 3 Erdseile verlegt werden.

In den Jahren 1933 ... 1936 sind die Stahlstäbchenmessungen nicht so eingehend gewesen wie in den darauf folgenden Jahren. Trotzdem wurde versucht, die aufgetretenen Leiterseileinschläge nochmals zu klären; sie sind in Tafel 13 angeführt. Bis auf einen Fall — Leiterseileinschlag aus positiv geladenen Wolken — ist stets das Abstandsverhältnis  $s/w$  unter 1,3 gewesen, was mit den Ergebnissen in Aufstellung 12 übereinstimmt. Bei der 220 kV-Leitung mit dem Abstandverhältnis  $s/w = 1,4$ , für die 54 Einschläge während der Jahre 1937 ... 1940 festgestellt wurden, liegt demnach übereinstimmend mit Modellversuchen der seltene Fall vor,

daß das Abstandverhältnis für einen möglichst einschlagfreien Raum bei Blitzschlägen aus positiver Wolkenladung größer sein muß als aus negativer. Die 4 Einschläge in die andere 220 kV-Leitung mit tonnenförmigem Mastkopfbild sind in die weit ausladenden mittleren

Tafel 13. Leiterseileinschläge in Leitungen mit 1 Erdseil in den Jahren 1933 ... 1936

Spannung kV	Abstandsverhältnis $s/w$	Anzahl der Leiterseileinschläge	
		pos.	neg.
110	0,74	—	2
	0,86	—	1
	1,2	—	1
220	0,96	1	3
	1,4	1	—
Summe		2	7

Leiterseile gegangen, für die  $s/w = 0,96$  ist. Diese Leitung hatte in den Jahren 1937 ... 1940 insgesamt 84 Einschläge, davon 10 in das obere Leiterseil.

Bei den mit Stahlstäbchen ausgerüsteten Leitungen mit 2 und 3 Erdseilen sind keine Leiterseileinschläge festgestellt worden. Abgesehen von Leitungen mit Anordnung der 6 Leiter in einer Ebene erscheint es nicht notwendig, 3 Erdseile zu verwenden, da es möglich ist, 2 Erdseile so zu verlegen, daß sie einen ausreichenden Schutz gewähren.

Die Untersuchungen über das Abstandverhältnis führen zu dem Ergebnis, daß  $s/w$  nicht unter 1,5 gewählt werden sollte, um Einschläge in die Leiterseile zu vermeiden. Eine dementsprechende Anordnung des Erdseils dürfte bei allen Doppelleitungen und Einfachleitungen möglich sein, bei denen die Leiterseile tannenbaumförmig untereinander liegen. Bei horizontaler Anordnung sind für ausreichenden Schutz mindestens 2 Erdseile nötig, sofern nicht die Bauart bei Einständermasten und Verlegung von je einem Erdseil an den Enden der Ausleger ein 3. Erdseil über der Mastmitte erfordert.

Man hat vielfach versucht, an Leitungsabbildungen in verkleinertem Maßstabe mit Stoßspannungen den notwendigen Schutzbereich der Erdseile zu bestimmen [8]. Diesen Untersuchungen müssen aber stets Annahmen zugrunde gelegt werden, für die der Beweis, daß sie den natürlichen Verhältnissen entsprechen, nicht ohne weiteres gegeben werden kann. Lediglich der Vergleich des Ergebnisses dieser Modellversuche mit dem der Stahlstäbchenmessungen ließe darauf schließen, daß die Annahmen dem Vorwachsen des Blitzkopfes entsprechen könnten. Bei den Modellversuchen geht man davon aus, daß der Blitzkopf in die Höhe des Erdseils oder darüber vorgewachsen sei, ehe sein weiterer Weg durch das Vorhandensein der Leitung beeinflusst wird. Das durch die Stahlstäbchenmessungen gefundene Ergebnis des Abstandsverhältnisses  $s/w$  von mindestens 1,5 für den einschlagfreien Raum führt für die Modellversuche dazu, den Blitzkopf, d. h. die Spitze der Entladungsfunktenstrecke gegen Erde, in etwa zwei- bis dreifachem Abstand des Erdseils vom Erdboden anzunehmen. Unter dieser Voraussetzung könnten die Modellversuche dazu dienen, die Wahrscheinlichkeit von Leiterseileinschlägen bei kleinerem Abstandsverhältnis  $s/w$  festzustellen.

Derartige Untersuchungen an Nachbildungen, bei denen die Erdseilhöhe zu 40 cm gewählt wurde, haben zu dem Ergebnis des Bildes 4 geführt. Die Blitzkopflage wurde in 2- und 3facher Erdseilhöhe angenommen und in Abhängigkeit von  $s/w$  das Verhältnis der möglichen Leiterseileinschläge zu den überhaupt möglichen Einschlägen festgestellt. Zum Vergleich ist das Ergebnis der Stahlstäbchenmessungen an Freileitungen eingetragen. Man erkennt daraus, daß die angenommene Blitzkopflage dem natürlichen Zustand entsprechen dürfte. Auffallend ist der niedrige Wert bei  $s/w = 0,7$ , wobei es sich allerdings zu einem beträchtlichen Teil um Leitungen mit 50 ... 60 kV Betriebsspannung handelt. Es wäre denkbar, daß die niedrige Höhe dieser Leitungen von Einfluß auf die Einschlaggefährdung der Leiterseile ist.

Als Störungsursache kommen bei Fällen mit Folgen entweder Leiterseileinschläge oder Mast- bzw. Erdseileinschläge mit rückwärtigen Überschlügen in Betracht, wobei rückwärtige Überschlüge, insbesondere bei Leitungen mit Erdseilen, die hauptsächlichste Störungsursache sind. Während Leiterseileinschläge durch Erdseile vermieden werden können, ist zur Vermeidung rückwärtiger Überschlüge ein genügend

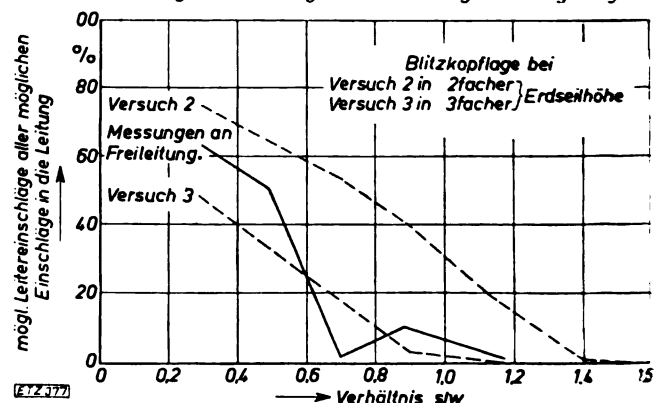


Bild 4. Anzahl der Leiterseileinschläge in Prozent aller Einschläge die überhaupt die Leitung treffen können, bei negativer Blitzkoppladung.

niedriger Ausbreitungswiderstand im Augenblick des Stoßstrom-Durchganges notwendig.

Die zur Bestimmung rückwärtiger Überschläge benutzte Gleichung

$$\text{Stoßspannung am Mastkopf} = \text{Maststrom} \times \text{Ausbreitungswiderstand der Masterdung}$$

gilt unter der Voraussetzung, daß die Induktivität der Erder und des Mastes vernachlässigt werden kann dadurch, daß diese entweder zu klein ist, oder aber der Strom so langsam abfließt, daß die Induktivität dabei nicht wirkt. Die Messungen haben gezeigt, daß diese Annahme vielfach zulässig ist und die Stoßspannung am Mastkopf somit auf diese einfache Weise berechnet werden kann.

Aus der Höhe der Stoßüberschlagsspannung der Leitungsisolation und der Größe der in den Masten abfließenden Blitzströme ergeben sich, sofern bei Einschlägen in die Maste oder Erdseile rückwärtige Überschläge nicht auftreten

In Tafel 14 ist die Anzahl der Maste, an denen Folgen aufgetreten sind, die auf rückwärtige Überschläge zurückgeführt werden müssen, in Abhängigkeit von der Höhe der Stoßüberschlagsspannung  $U_{St}$  (Mindeststoßspannung) der Leitungsisolation zusammengestellt. Dabei sind die Fälle weiter danach unterschieden, ob die aus Ausbreitungswiderstand und gemessenem Maststrom errechnete Spannung  $U$  am Mast größer oder kleiner als die Stoßüberschlagsspannung  $U_{St}$  ist. Ferner ist bei kleinerer errechneter Stoßspannung die räumliche Größe der Erder berücksichtigt. Unter räumlich weit ausgedehnten Erden sind als Zusatz der Bodenseil, lange Strahlenerder und große Tiefenerder verstanden, während Mastfuß, Plattenerder, kurze Strahlenerder und Rohrerder von wenigen Metern Länge als räumlich kleine Erder gelten. Bei den unvollständigen Fällen fehlt entweder die Größe des Ausbreitungswiderstandes oder des Maststromes, so daß hierüber keine Angaben gemacht werden können.

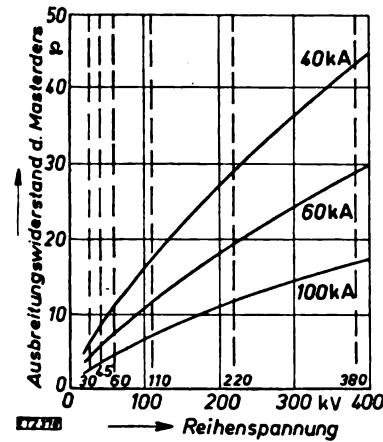


Bild 5. Höchster Ausbreitungswiderstand von Mastern zur Verhinderung rückwärtiger Überschläge in Abhängigkeit von der Größe des Blitzstromes in Masten.

Tafel 14. Anzahl der Maste mit rückwärtigen Überschlägen als Störungsursache

Betriebsspannung kV	Stoßüberschlagsspannung $U_{St}$ kV	Errechnete Stoßspannung $U$							Unvollständig Anzahl der betroffenen Maste	Summe
		$\geq U_{St}$ Anzahl d. betr. Maste	$< U_{St}$ große Erder			$< U_{St}$ kleine Erder				
			Anzahl d. betr. Maste	Ausbreitungswiderstand $\Omega$	Maststrom kA	Anzahl d. betr. Maste	Ausbreitungswiderstand $\Omega$	Maststrom		
15	200	6	—	—	—	—	—	—	1	7
30	300	7	—	—	—	—	—	—	3	10 28
	400	13	11	6,8 ... 18	10 ... 22	1	36	9	3	
50	500	3	12	2,9 ... 14	14 ... 54	4	3,8 ... 8,2	30 ... 46	2	21 4
	600	1	—	—	—	1	2,8	35	2	
110	700	10	1	6,7	22	3	9,1 ... 30	19 ... 67	—	14 19 5
	800	13	2	10,5 ... 11,4	20 ... 31	—	—	—	4	
	900	2	—	—	—	1	10	28	2	
220	1400	1	—	—	—	1	2,6	80	—	2 3 1
	1500	3	—	—	—	—	—	—	—	
	1600	1	—	—	—	—	—	—	—	
Summe		60	26			11			17	114

sollen, Grenzwerte für die Ausbreitungswiderstände der Masterdungen, die möglichst nicht überschritten werden sollten. Da aber höhere Mastströme nur in sehr geringer Anzahl, z. B. Ströme von 80 ... 100 kA in 0,3% der Fälle auftreten, andererseits die entsprechende Herabsetzung der Ausbreitungswiderstände für derartig große Ströme häufig erhebliche Kosten erfordert, wird man sich zweckmäßig mit einer gewissen Sicherheit gegen rückwärtige Überschläge bei den häufiger vorkommenden Strömen begnügen. Die Grenze könnte bei 60 kA gezogen werden, da bis zu diesem Stromwert im Durchschnitt nach Bild 2 annähernd 99% aller gemessenen Mastströme erfaßt werden. Für Mastströme von 40, 60 und 100 kA sind die zulässigen Ausbreitungswiderstände bei den einzelnen Reihenspannungen in Bild 5 dargestellt. Die Stoßüberschlagsspannung der Leitungsisolation wurde mit dem niedrigsten Wert angenommen, der sich für Ketten aus Kappen-, Vollkern- oder Langstabisolatoren ergibt, und ein Sicherheitsabschlag von 10% gemacht. Bei Leitungen mit höheren Betriebsspannungen werden die Schwierigkeiten zur Erzielung entsprechender Ausbreitungswiderstände geringer sein, da hierbei wegen der höheren Leitungsisolation auch die Widerstände größer sein können. Andererseits muß auch berücksichtigt werden, daß bei höheren Masten und sehr steilen Stromanstiegen auch schon die Laufzeit längs des Mastes von Einfluß auf die Spannungsbildung am Mastkopf sein könnte. Besonders in Mittelspannungsnetzen wird es nicht immer leicht sein, ausreichende Ausbreitungswiderstände zu erhalten. Rückwärtige Überschläge sind vor allem dann aufgetreten, wenn die Erder verhältnismäßig hohe Widerstände aufwiesen. Aber auch bei geringen Ausbreitungswiderständen haben in einigen Fällen rückwärtige Überschläge stattgefunden, obwohl man glaubte, durch Erdungsverbesserungen alle notwendigen Maßnahmen getroffen zu haben [9, 10, 11].

Bei den Fällen, in denen die errechnete Stoßspannung am Mastkopf über der Stoßüberschlagsspannung der Isolation liegt, besitzen die Masterdungen durchschnittlich verhältnismäßig große Widerstände bis rd. 400  $\Omega$ , so daß schon bei häufig vorkommenden mittleren Strömen von 10 ... 20 kA rückwärtige Überschläge eintreten können. Andererseits wurden aber auch vereinzelt ungewöhnlich hohe Ströme bis 85 kA in den Masten gemessen, die schon bei kleinen Ausbreitungswiderständen in der Größe von 10 ... 20  $\Omega$  zu rückwärtigen Überschlägen führen müssen, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß derartig schwere Einschläge nur selten auftreten. Die Häufung der Fälle bei Stoßüberschlagsspannungen von 400, 700 und 800 kV ist darauf zurückzuführen, daß in diesen Bereichen Leitungen mit Stahlstäben ausgerüstet waren, bei denen besonders ungünstige Erdungsverhältnisse vorlagen.

In den Fällen mit räumlich ausgedehnten Erden, bei denen die errechnete Stoßspannung kleiner als die Stoßüberschlagsspannung der Leitungsisolation ist, liegen die Ausbreitungswiderstände in der Größe von rd. 3 ... 18  $\Omega$ , während die Ströme Werte von 10 ... 54 kA aufweisen. Bei diesen Leitungen konnten wegen der äußerst ungünstigen Bodenverhältnisse die niedrigen Ausbreitungswiderstände nur durch weit ausgedehnte Zusatzter erreicht werden.

Rückwärtige Überschläge bei räumlich kleinen Erden, bei denen die errechnete Stoßspannung kleiner als die Stoßüberschlagsspannung der Leitungsisolation ist, sind in geringer Anzahl bei fast allen Spannungsbereichen eingetreten. Die Widerstandswerte liegen zwischen rd. 3 und 36  $\Omega$ , die Mastströme zwischen 9 und 80 kA. In einigen Fällen wurden also ganz erhebliche Ströme in den Masten gemessen.

Zur Erklärung dieser rückwärtigen Überschläge muß angenommen werden, daß besonders die hohen Stoßströme verhältnismäßig große Stirnsteilheiten aufweisen und somit

der Wellenwiderstand des Mastes bereits wirksam wird. Allerdings ist die Anzahl dieser Fälle gering. Bei einem großen Teil liegt die errechnete Stoßspannung am Mast nur wenig unter der Stoßüberschlagspannung, so daß bei nur geringer Widerstandserhöhung, die auch im Rahmen der Meßgenauigkeit liegen kann, schon rückwärtige Überschläge möglich sind. Teilweise handelt es sich um Leitungen in gebirgigen Gegenden, bei denen die Ausbreitungswiderstände zeitlich größeren Schwankungen unterworfen sind.

Für die Bemessung der Erder ergibt sich die Forderung, daß der notwendige Ausbreitungswiderstand auf möglichst kurzem Wege innerhalb des Erdbodens zu erreichen ist. Das bedeutet, daß die Erder, die überwiegend den Widerstand herabsetzen, möglichst kurz am Mastfuß anzuschließen sind. In Böden schlechter Oberflächenleitfähigkeit eignen sich hierfür besonders Rohrerder, die aber bei Anlage mehrerer Erder genügend seitlichen Abstand voneinander haben müssen. Dazu verlegte Oberflächenerder tragen weiterhin infolge ihrer kapazitiven Wirkung auch bei schlechter Bodenleitfähigkeit dazu bei, den Anfangswiderstand der gesamten Erdung bei Stoßbeanspruchung herabzusetzen. Bei gleichem Werkstoffaufwand sollten bei Strahlenerdern, sofern nicht besonders gut leitfähige Bodenschichten durchschnitten werden, grundsätzlich statt eines Strahlers mehrere vom Mastfuß in annähernd gleichem Abstand ausgehende Strahlenerder verlegt werden.

In gut leitfähigen Böden dürfte es nicht schwierig sein, ausreichend kleine Ausbreitungswiderstände zu erhalten. Sofern nicht schon der Mastfuß allein genügt, kann man zusätzlich Staberder, kurze Mehrstrahlen- oder Maschenerder verlegen.

### Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Größe und Verteilung der Ströme bei Blitzschlägen in Freileitungen sind Stahlstäbchen an den Masten und Erdseilen, teilweise auch an Leiterseilen und Mastauslegern, sowie zur Messung der Steilheit des Stromanstieges Klydonographen an einigen Blitzauffangstangen eingebaut worden. Insgesamt waren Ende 1940 rd. 2000 km Freileitungen mit Stahlstäbchen ausgerüstet, die sich auf Leitungen ohne und mit 1, 2 und 3 Erdseilen bei Spannungen bis 220 kV verteilen.

Von insgesamt 1434 Fällen von Blitzschlägen der Jahre 1933 bis 1940 haben nur 25% zu Folgen geführt. Mit steigender Anzahl der Erdseile sinkt der Anteil der Fälle mit Folgen von 52% (ohne Erdseil) auf 6% (2 und 3 Erdseile). Mit zunehmender Betriebsspannung verringert sich gleichfalls der Anteil der Fälle mit Folgen von 46% (unter 50 kV) auf 9% (220 kV).

Fälle mit Folgen bei Leitungen ohne Erdseil sind überwiegend (84%) auf Leiterseileinschläge zurückzuführen; hiergegen treten rückwärtige Überschläge stark zurück. Der Einfluß der Betriebsspannung ist nicht sehr erheblich. Während bei Leitungen mit 1 Erdseil unter 50 kV noch 40% der Fälle mit Folgen verlaufen, sinkt der Anteil bei 80 bis 110 kV auf 19% und bei 220 kV auf 12% ab; es tritt also deutlich der Einfluß der Betriebsspannung hervor. Der weitaus größte Teil der Einschläge ist zu 95% in geerdete Teile erfolgt; nur 5% aller Einschläge haben Leiterseile getroffen.

Die Verteilung der Einschläge auf Masten und Spannfelder zeigt eine bemerkenswerte Abhängigkeit der Einschlagstellen von der Anzahl der Erdseile. Während bei Leitungen ohne Erdseil 47% der Einschläge in das Spannungsfeld trafen, steigt dieser Anteil bei Leitungen mit 3 Erdseilen auf 91% an. Die Fälle mit Folgen werden besonders bei Leitungen mit Erdseilen seltener. Diese zunehmende Sicherheit gegen Blitzschläge ist auf die erhöhte Leitungsisolierung bei den höheren Spannungen zurückzuführen,

da rückwärtige Überschläge überwiegend die Ursache der Folgen bilden.

Von insgesamt 983 erfaßten Einschlägen in den Jahren 1937 bis 1940 weisen fast die Hälfte (46%) Stromstärken im Blitzkanal unter 20 kA auf. Nur 6% der Blitzschläge hatten Ströme über 70 kA, nur rd. 3% über 100 kA. Der höchste im Blitzkanal festgestellte Strom dürfte bei 400 kA liegen. Im Durchschnitt kamen 1937 bis 1940 87% der Blitzentladungen aus negativ geladenen Wolkenteilen. Je stärker eine Leitung geschützt ist, umso geringer ist der Anteil der Blitze aus positiv geladenen Wolkenteilen. Auch ein Einfluß der Stromstärken selbst wurde gefunden. Ferner hat sich ergeben, daß bei positiver Wolkenladung verhältnismäßig mehr Blitze die Masten (19%) als die Leiterseile (9%) treffen.

Die höchste Stromstärke im Mast wurde in einem Fall mit 100 kA gemessen. Von insgesamt 1275 erfaßten Mastströmen liegen 79% unter 20 kA. Die höchsten Erdseilströme lagen bei Masteinschlägen zwischen 20 und 30 kA, bei Erdseileinschlägen wurde der höchste Strom im Erdseil zu 260 kA ermittelt. In insgesamt 15 Fällen konnten in Leiterseilen Ströme bis zu 6 kA, bei rückwärtigen Überschlägen bis zu 10 kA und ferner Kurzschlußströme zwischen 0,5 und 5 kA bestimmt werden.

Die Untersuchungen über die Verteilung der Einschlagstellen haben ergeben, daß sich die Blitzeinschläge fast gleichmäßig über den ganzen Leitungsbereich ohne Bevorzugung einzelner Abschnitte oder Maste verteilen.

Für eine zweckentsprechende Lage der Erdseile zum Schutze der Leiterseile gegen Blitzschläge wurde nach den Abmessungen der Mastkopfbilder das Abstandverhältnis  $s/w$  ermittelt, bei dem Leiterseileinschläge nicht mehr eintreten ( $s/w > 1,4$ ). Für die Höhe des Erdseiles über den Leiterseilen sollte  $s/w$  nicht unter 1,5 gewählt werden.

Nicht immer läßt sich, wie die Stoßspannungsrechnung zeigt, der mit der Erdungsmeßbrücke gemessene stationäre Widerstandswert der Erder gleich dem beim Blitzvorgang wirksamen Ausbreitungswiderstand setzen. Räumlich ausgedehnte Erder weisen beim Stoßstromdurchgang unter gewissen Bedingungen eine Widerstandserhöhung gegenüber dem stationären Wert des Ausbreitungswiderstandes auf.

Die Stahlstäbchen-Messungen weisen darauf hin, daß man bei der Bemessung von Erdern mit Mastströmen von mindestens 40 kA oder besser bis 60 kA rechnen sollte. Ferner muß berücksichtigt werden, daß bei räumlich ausgedehnten Zusatzern der wirksame Ausbreitungswiderstand sich zeitlich ändert und von der Anordnung der Erder abhängt. Am günstigsten dürften nach den bisherigen Untersuchungen in sehr schlecht leitfähigen Böden tiefe Rohrerder unmittelbar am Mast in Verbindung mit nicht zu langen Mehrstrahlern sein.

### Schrifttum

- [1] Grünwald: Die Messung von Blitzstromstärken an Blitzableitern und Freileitungen. ETZ 55 (1934) S. 505 u. 536.
- [2] Z ad uk: Messung von Stoßströmen aus der Remanenz von Stahlstäbchen, die dem magnetischen Feld des Stoßstromes ausgesetzt werden. Arch. techn. Messen 1935, V-327-2.
- [3] Z ad uk: Neuere Ergebnisse der Blitzstromstärkenmessungen an Hochspannungsleitungen. ETZ 56 (1935) S. 475.
- [4] Grünwald: Untersuchungen über Gewitterstörungen und Gewitterschutz in Freileitungsanlagen. Cigre 1939, Ber. Nr. 323.
- [5] Grünwald u. Z ad uk: Zur Frage der Erdung von Freileitungsmasten im Hinblick auf Gewittereinwirkungen. ETZ 57 (1936) S. 1075 u. 1108.
- [6] Grünwald: Gewittergefährdung und Gewitterschutz von Freileitungsanlagen. Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 454.
- [7] Grünwald: Erdseile bei Freileitungen und ihre Erdung. ETZ 57 (1936) S. 1373.
- [8] Matthias u. Burkhardtmaier: Der Schutzraum von Blitzfang-Vorrichtungen und seine Ermittlung durch Modellversuche. ETZ 60 (1939) S. 681 u. 720.
- [9] Aigner: Das Verhalten gestreckter Erder bei Stoßbeanspruchung. ETZ 54 (1933) S. 1233.
- [10] Baatz: Über den wirksamen Widerstand von Erdern bei Stoßbeanspruchungen. ETZ 59 (1938) S. 1263.
- [11] Baatz: Der wirksame Widerstand ausgedehnter Erder bei Stoßbeanspruchung. Elektrotechn. Bln., 2 (1948) S. 185.

# Bestimmung der Kurvenform elektrischer Wechselgrößen mit dem Vektormesser

Von W. Holleufer, Berlin

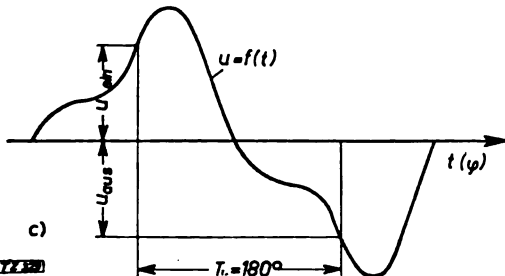
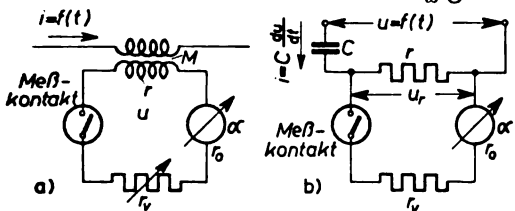
DK 621.517.55

**Übersicht.** Mit einem in der Kontaktschließzeit und im Schaltzeitpunkt veränderlichen mechanischen Gleichrichter<sup>1</sup> in Verbindung mit einem Drehspulmeßwerk kann die Kurvenform stationärer elektrischer Wechselgrößen in unterschiedlichen Verfahren aufgenommen werden.

1. Einleitung. — Mit mechanischen Meßgleichrichtern kann man den Verlauf von stationären elektrischen Wechselgrößen punktweise messen<sup>2</sup>. Im folgenden wird ein motorisch angetriebener Meßkontakt mit veränderlicher Schaltphase und veränderlicher Kontaktzeit benutzt<sup>3</sup>. Der Frequenzbereich (Grundwelle) des Gerätes umfaßt 15... 80 Hz. Dank der kleinen Eigenstörspannung des Meßkontaktes (10<sup>-6</sup> V) sind auch empfindliche Messungen (sehr kleine Ströme und Spannungen) mit Lichtmarkengalvanometern möglich. Die Kurvenform wird im Prinzip folgendermaßen aufgenommen: Man dreht die Schaltphase  $\varphi$  des Kontaktes bei konstanter Kontaktzeit  $T_k$  um beliebige, z. B. gleichgroße Winkel schrittweise vorwärts — etwa von 10 zu 10° — und trägt die zugehörigen Ausschläge des Instrumentes  $\alpha = f(\varphi)$ , die unter bestimmten, im folgenden behandelten Voraussetzungen dem Verlauf der Meßgröße, z. B.  $i = f(t)$  entspricht.

2. Zur Nulllinie symmetrische Kurvenform. — Handelt es sich um die Messung einer Wechselgröße mit nur ungradzahligen Oberwellen und ohne Gleichstromglied, so bedient man sich des Induktions- oder Kondensatorverfahrens bei einer Kontaktzeit von 180°<sup>2</sup>. Bekanntlich ist der Meßkontakt ein Integrator; denn das Drehspulinstrument zeigt den arithmetischen Mittelwert der Meßgröße während der Kontaktschließzeit. Man erhält also bei ohmschen Vor- und Nebenwiderständen nicht den Verlauf der Meßgröße selbst, sondern ihre Integralkurve. Daher muß die Funktion der Meßgröße erst differenziert werden und die so erhaltene neue Funktion durch den Meßkontakt integriert werden, damit die Funktion der Meßgröße selbst angezeigt wird. Die erste Umformung (Differenziation) der Meßgröße übernimmt, wenn es sich um Ströme handelt, eine Gegeninduktivität (Bild 1a), bei Spannungen ein Kondensator (Bild 1b). Beide Schaltungen entsprechen einander im Prinzip. Zum leichteren Verständnis sei Schaltung 1b näher erläutert:

Gesucht ist der zeitliche Verlauf der Spannung  $u = f(t)$ .  $u$  ruft unter der Voraussetzung, daß  $r \ll \frac{1}{\omega C}$  ist, einen



Strom  $i = C du/dt$  und damit an  $r$  einen Spannungsabfall  $u_r = r i = r C du/dt$  hervor. Der Vektormesser integriert diese Größe und wir erhalten bei  $T_k = 180^\circ$  für die vom Drehspulinstrument angezeigte Gleichspannung  $u_0$ :

$$u_0 = \frac{r_0}{r_0 + r + r_v} i \int_{T_{ein}}^{T_{aus}} u_r dt \tag{1}$$

$$= \frac{r_0}{r_0 + r + r_v} C r f(u_{aus} - u_{ein}) = 2 \frac{r_0}{r_0 + r + r_v} u f C r,$$

also 
$$u = \frac{r_0 + r + r_v}{r_0} \cdot \frac{u_0}{2 f C r}.$$

Das gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Kontaktzeit  $T_k = 180^\circ$  ist, denn nur unter dieser Voraussetzung ist unabhängig von der gewählten Schaltphase  $u_{ein} = u_{aus}$  (Bild 1c).

Die Messung mit der Kapazität oder Gegeninduktivität ergibt selbst bei hohen Änderungsgeschwindigkeiten  $du/dt$  oder  $di/dt$  der Meßgröße genaue Ergebnisse. Fehler können auftreten durch 1. Abweichungen der Kontaktzeit von 180°; 2. Fehlwinkel von  $M$  oder  $C$ .

3. Kurzkontaktverfahren. — Ist die zu messende Kurvenform nicht symmetrisch zur Nulllinie, dann muß das Kurzkontaktverfahren angewendet werden (Bild 2). Die Ausschläge sind hierbei kleiner als bei dem zuvor beschriebenen Verfahren, so daß das Drehspulinstrument empfindlicher sein muß. Das Zerlegen der Meßgröße in schmale Streifen läuft offensichtlich auf eine unvollständige Differentiation hinaus, die mit kleiner werdendem  $T_k$  an Genauigkeit gewinnt. Mit der Bezeichnung des Bildes 2 erhält man für die vom Drehspulinstrument angezeigte Gleichspannung  $u_0$ :

$$u_0 = \frac{r_0}{r_0 + r + r_v} u_{mittel} \frac{T_k}{T}, \tag{2}$$

$$u_{mittel} = \frac{r_0 + r + r_v}{r_0} u_0 \frac{T}{T_k}.$$

Dabei ist  $u_{mittel}$  der arithmetische Mittelwert der Spannung  $u_r$  während der Kontaktzeit  $T_k$ . Mit abnehmendem  $T_k$  nähert sich  $u_{mittel}$  dem Augenblickswert der Spannung. Bei endlichen Kontaktzeiten entstehen vor allen Dingen an Kurvenspitzen Fehler, und zwar werden die Kurvenspitzen ver-rundet. Der Verkleinerung der Kontaktzeit ist aus zwei Gründen eine Grenze gesetzt: Einmal nimmt mit abnehmender Kontaktzeit nach Gl. (2) die Empfindlichkeit der Messung ab. Zum anderen ist es schwer, sehr kurze, konstante Kontaktzeiten konstruktiv zu verwirklichen. Schwankungen der Kontaktzeit  $T_k$  ändern jedoch nach Gl. (2) die Empfindlichkeit der Messung, so daß das Verfahren ungenau wird. Bei dem hier benutzten Vektormesser können Kontaktzeiten bis herunter zu 15° verwendet werden.

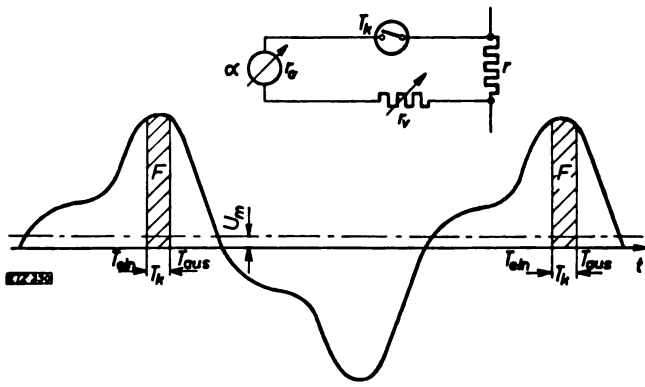


Bild 2. Das Kurzkontaktzeit-Verfahren.

<sup>1</sup> F. Koppelman: Die Meßtechnik des mechanischen Präzisionsgleichrichters (Vektormesser) und Arch. techn. Messen V 542 — 1.  
<sup>2</sup> Pfannenmüller: Arch. techn. Messen V 540 — 1... 6.  
<sup>3</sup> Pfannenmüller: Arch. techn. Messen V 3626 — 1 (1934).  
<sup>4</sup> Koppelman: Arch. techn. Messen V 541 — 1.

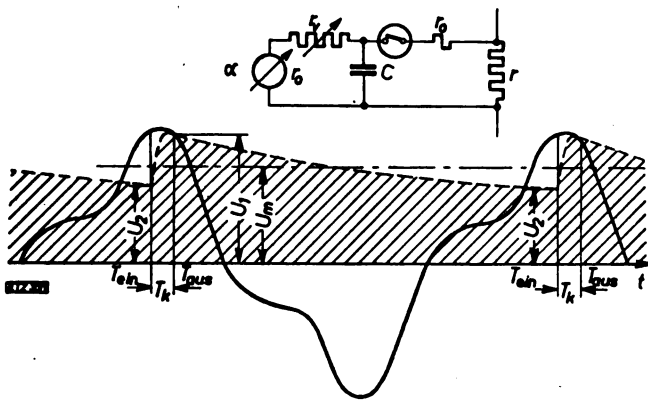


Bild 3. Verfahren mit Speicherkondensator.

4. Verfahren mit Speicherkapazität.

Durch eine Kapazität hinter dem Meßkontakt (Bild 3) wird der Einfluß der Kontaktzeitschwankungen verringert und die Empfindlichkeit der Messung vergrößert. Bei diesem Verfahren ist auf richtige Bemessung der Schaltelemente besonders zu achten. Gearbeitet wird mit einer Kontaktzeit von etwa 10...15°. Während der Schließzeit wird der Kondensator C auf den Spannungswert  $u_1$  im Ausschaltzeitpunkt  $T_{aus}$  aufgeladen. Während der Kontaktöffnung entlädt sich der Kondensator über  $r_v$  und das Drehspulinstrument langsam auf den Spannungswert  $u_2$ , um beim erneuten Einschalten ( $T_{ein}$ ) wieder aufgeladen zu werden. Damit die Spannungsabsenkung  $u_1 - u_2$  gering bleibt, muß der Eigenverbrauch des Instrumentes klein, d. h. die Zeitkonstante  $T = (r_v + r_0) C$  groß sein. Dagegen soll die Zeitkonstante  $r_D C$  klein sein, damit der Kondensator C sich während der Kontaktzeit auf die Spannung  $u_1$  aufladen kann. Somit folgt:

$$(r_0 + r_v) C \gg T \gg T_k \gg r C.$$

Bei der Auswahl des Kondensators ist darauf zu achten, daß die Ladestrome keine unzulässige Belastung der Spannungsquelle oder des Meßkontaktes verursachen. Nötigenfalls ist ein Begrenzungswiderstand  $r_D$  einzufügen (der Kontakt des AEG-Vektormessers verträgt Stromstöße von einigen Ampere). Das Meßinstrument zeigt Ausschläge, die dem Mittelwert  $u_m$  der Kondensatorspannung entsprechen. Das Verhältnis  $u_1/u_m$  ist bei gegebener Frequenz konstant, kann also eingeeicht werden. Der Mittelwert der Kondensatorspannung während der Kontaktzeit  $T_k$  kann größer oder kleiner als  $u_m$  sein. Um die so entstehenden Fehler klein zu halten, macht man  $T_k$  so klein wie möglich. Im Gegensatz zum Kurzkontaktverfahren ohne Speicherkondensator geht die Größe der Kontaktzeit dann nur als kleine Korrektur in die Messung ein. Das Verfahren mit Speicherkapazität läßt sich bei beliebigen Kurvenformen anwenden. Man eicht durch Anlegen einer bekannten Gleichspannung, wobei man durch Einstellen des Instrumenten-Vorwiderstandes  $r_v$  runde, bequem ablesbare Ausschläge erhalten kann.

5. Beispiel: Messung eines Magnetisierungsstromes. — Durch Vorschalten einer Luftspalt-drossel und Überregen des Umspanners (Bild 4) wurde der Sekundärstrom  $I$  verzerrt. Es handelt sich um eine symmetrische Kurvenform. Der verzerrte Sekundärstrom wurde durch eine Gegeninduktivität und einen im Vektormesser eingebauten induktionsfreien Nebenwiderstand  $R = 0,0111 \Omega$  geleitet. Die Kurvenform des Stromes wurde in Schalterstellung 1 nach dem Induktions- (s. Abschn. 2) und in Schalterstellung 2 nach dem Kurzkontaktverfahren (mit  $T_k = 19^\circ$ ) sowie auch mit Speicherkondensator (Schalter S geschlossen) aufgenommen. Verwendet wurden eine Gegeninduktivität  $M = 1,8 \cdot 10^{-4} H$  in Verbindung mit einem Drehspulinstrument  $20 \Omega$ ,  $60 mV$  und für die beiden anderen Verfahren ein Instrument  $750 \Omega$ ,  $40 mV$ . Die Speicherkapazität betrug  $C \approx 10^{-6} F$ , der Vorwiderstand größenordnungsmäßig  $r_v = 400 k\Omega$ .

Die verschiedenen Verfahren weichen, wie Bild 4 zeigt, nur an der Spitze der Magnetisierungskurve voneinander ab.

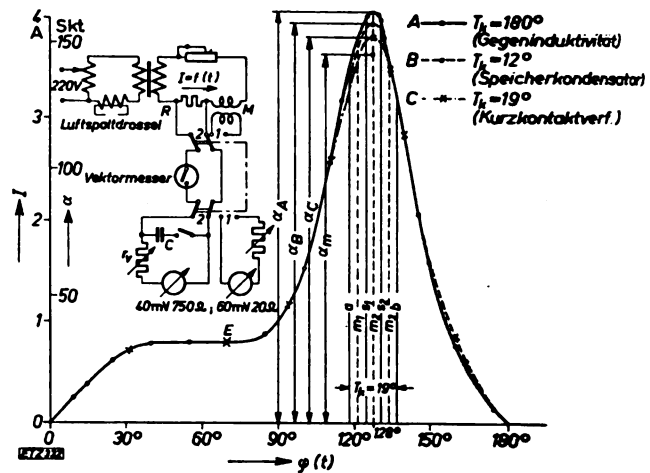


Bild 4. Aufnahme einer symmetrischen Kurvenform (Magnetisierungsstrom). Schalterstellung 1: Gegeninduktionsverfahren, 2: Verfahren mit kurzer Kontaktzeit und mit Speicherkapazität.

Hierbei kann die Messung mit der Gegeninduktivität als richtig angenommen werden, da der Fehlwinkel der Gegeninduktivität nur  $0,1^\circ$  war.

Als nächste Annäherung folgt die Messung mit der Speicherkapazität. Kontaktzeitschwankungen stören diese Messung nur, wenn durch sie der Zeitpunkt  $T_{aus}$  verschoben wird. Die negative Abweichung der Kurve B gegen A im Scheitelpunkt entsteht durch den gegen  $u_m$  kleineren Mittelwert der Spannung während der Kontaktschließzeit von  $117^\circ \dots 128^\circ$ . Im Bereich von  $\varphi = 161^\circ$  entsteht eine positive Abweichung durch Umkehrung des gleichen Effektes. Diese Abweichungen, aber auch die Empfindlichkeit der Messung würden kleiner, wenn die Kontaktzeit verkürzt werden könnte.

Auch bei Kurzkontaktverfahren treten wesentliche Abweichungen nur in der Kurvenspitze auf. Sie sind größer als bei der Messung mit Speicherkapazität, können jedoch berechnet und korrigiert werden, und zwar auf folgende Weise: Man nimmt schätzungsweise an, daß C (Bild 4) der tatsächliche Verlauf des Stromes ist und errechnet aus diesem Verlauf den Fehler, den man bei einer endlichen Kontaktzeit  $T_k$  beim Kurzkontaktverfahren macht, z. B. in der Spitze der Stromkurve. Um den so ermittelten Fehler korrigiert man den Fehler der Kurve C und erhält annähernd die Kurve A. Wendet man dies auf die Spitze der Stromkurve in Bild 4 an, so hat man zunächst den Mittelwert  $a_m$  der Kurve C während der Kontaktzeit  $T_k (19^\circ)$  zu ermitteln. Dies kann in bekannter Weise durch die Simpsonsche Regel geschehen. Es ergibt sich im Falle des Bildes 4:  $a_m/a_c = 144,6/152 = 0,951$ . Etwa ebenso groß muß das Verhältnis  $a_b$  zum tatsächlichen Scheitelwert der Stromkurve, d. h. zu  $a_a$  sein. Aus der Messung ergibt sich:  $a_c/a_A = 152/161 = 0,943$ , also angenähert der gleiche Wert wie  $a_m/a_c$ . Würde man den Wert  $a_a$  nicht kennen, würde man nach dem angegebenen Korrekturverfahren den wahren Scheitelwert der Stromkurve errechnen zu:

$$a_c \cdot \frac{a_c}{a_m} = 152 \cdot \frac{152}{144,6} = 160$$

gegenüber einem tatsächlich gemessenen Wert von  $161,0 Sk$ . Auf diese Weise läßt sich bei scharfen Spitzen der Meßgröße der Fehler, den man mit dem Kurzkontaktverfahren macht, abschätzen und korrigieren.

Zusammenfassung

Die punktweise Aufnahme von symmetrisch und unsymmetrisch zur Nulllinie liegenden, quasistationären elektrischen Vorgängen (Kurvenform) mit Hilfe eines mechanischen Meßkontaktes wird beschrieben. Dabei werden das Kondensator- und Gegeninduktionsverfahren, das Kurzkontaktzeitverfahren und das Verfahren mit Speicherkapazität betrachtet. Die Aufnahme eines Magnetisierungsstromes wird als Beispiel angeführt, auftretende Fehler werden korrigiert.



## Starkstromerzeugung durch Windmotoren

Aus dem Nachlaß des Prof. Dr.-Ing. E. v. Lössl †

Bericht von Max Kloss, Berlin

DK 621.311.24

**Übersicht.** Von der Witwe des verstorbenen Prof. Dr.-Ing. E. v. Lössl sind uns einige Ausarbeitungen ihres Gatten für eine Veröffentlichung zur Verfügung gestellt worden. Wir haben diejenigen Ausführungen, die für den Leserkreis der ETZ von Interesse sein dürften, Herrn Prof. Dr.-Ing. M. Kloss als dem elektrotechnischen Sachbearbeiter der ehemaligen Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“ (RAW) mit der Bitte um einen Bericht übersandt. Die Schriftleitung

Die RAW (Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“) hatte am 14. Juni 1944 die von Prof. Dr.-Ing. v. Lössl geleitete Staatliche Versuchs- und Materialprüfungsstelle in Köthen besucht und eine von ihm entworfene Windradkonstruktion mit neuartiger Regelung der vom Windrad an den angetriebenen Generator abgegebenen Leistung bei zunehmender Windgeschwindigkeit besichtigt. Die Leistungsregelung ist, wie vom Berichtersteller früher ausführlich nachgewiesen worden ist<sup>1</sup>, das Kernproblem für die Zusammenarbeit zwischen Windrad und Generator, um diesen bei zunehmender Windstärke zu schützen gegen Überlastung über seine durch die Grenzerwärmung festgelegte Dauerleistung. Diese Leistung kann nur auf der Seite des Windrades geregelt werden; man hatte zunächst die bewährte Verdrehung der Flügel zur Veränderung des Anstellwinkels der Flügelprofile gegen die Windrichtung vorgesehen, wobei bei Sturm die Flügel bis in die „Segelstellung“ verdreht werden mußten. Diese Art der Regelung erfordert aber einen erheblichen Aufwand an konstruktivem Mechanismus.

Der neuartige Vorschlag von E. v. Lössl sah demgegenüber eine konstruktiv wesentlich vereinfachte Form vor, die er das „Schirmlaufrad“ nannte. Das Rad war im Lee des Mastes angeordnet, die Flügel waren je mit einem Gelenk versehen, das sie gegen die Drehachse neigen konnte, wobei durch eine Gestängeführung gleichmäßige Bewegung für alle Flügel gewährleistet wurde (wie bei einem Schirm; daher der Name!). — Bei dem Besuche der RAW in Köthen konnte nur das Prinzip des selbstregelnden Schirmrades in der Versuchsanstalt vorgeführt werden, das

den Teilnehmern als ein sehr beachtlicher Vorschlag erschien.

Im darauffolgenden Jahre 1945 ist dann im Auftrage des Anhaltischen Staates eine Versuchsanlage für Drehstromlieferung in das bestehende Netz ausgeführt worden. Hierüber entnehmen wir den beiden uns vorliegenden Abhandlungen aus dem Nachlaß von E. v. Lössl auszugsweise folgende Angaben:

„Das selbstregelnde Laufrad des Windmotors (Bild 1) paßt den Flügelanstellwinkel an die Windstärke an (verkleinert die Laufradfläche bei hoher Windstärke), so daß der Generator, welcher die ganze Windradleistung aufnehmen muß und für die größte Windstärke zu bemessen ist, für die verkleinerte Laufradfläche berechnet werden kann. Die Windkraftanlage liefert also die ganze jeweils erzeugte Energie in das Netz, so daß die parallel arbeitenden Kraftwerke anderer Art und die Speicherwerke die Leistung an die Verbraucher anpassen müssen. Voraussichtlich wird man auch bei diesem Grundsatz bleiben, denn eine Leistungsregelung der Windkraftanlagen zur Anpassung an den Verbraucher würde diese Anlagen gerade dann nur teilweise ausnützen, wenn viel Energie dargeboten wird.“

Über die maschinelle Anlage zur Stromerzeugung sagt v. Lössl in der ersten mit „Starkstromerzeugung durch Windmotoren“ überschriebenen Abhandlung: „Der Asynchron-generator zwingt dem Laufrad (abgesehen von dem geringen Schlupf) gleichbleibende Drehzahl auf. Bei dem (dritten) erprobten Maschinensatz besitzt er einen Kurzschlußläufer, ist also sehr einfach, hat aber bei der beim „Normalwind“ nur geringen Belastung des Generators Werte von  $\cos \varphi = 0,2 \dots 0,4$ . Deshalb muß wenigstens ein Teil der parallel arbeitenden Windstromerzeuger mit kompensiertem Generator versehen werden, welcher zwar den Nachteil hat, einen Drehstrom- und einen Gleichstromkollektor zu besitzen, jedoch einfacher ist als die zur Verbesserung des  $\cos \varphi$  vorgeschlagenen Kondensatoren.“

Der Berichtersteller vermag in diesem Punkte der Auffassung von v. Lössl nicht zuzustimmen. Wenn dieser von „parallel arbeitenden Windstromerzeugern“ spricht, so bezieht sich das offenbar auf einen Vorschlag der Arbeitsgemeinschaft Windkraft (AGW als Nachfolgerin der früheren RAW) zur erleichterten Versorgung landwirtschaftlich genutzter Gebiete mit elektrischem Strom („Vorschlag zur Einbeziehung von rd. 50 Kleinwindkraftwerken in die Stromversorgung der MEW“); gemäß diesem Vorschlag sollte mit Asynchrongeneratoren der Nachteil eines schlechten  $\cos \varphi$  durch Parallelschaltung von Kondensatoren zu den Asynchronmaschinen behoben werden. Bei der Weiterbearbeitung der Regelungsprobleme in der AGW zusammen mit elektrotechnischen Fachkräften aus der Industrie ergab sich als notwendige Forderung ein völlig selbsttätiges Arbeiten der Anlage, da eine geschulte Fachkraft zur Wartung der maschinellen Anlage die Unkosten und den kWh-Preis untragbar erhöhen würde. Deshalb verbietet sich die Verwendung kompensierter Asynchronmaschinen mit ihren Kondensatoren, zumal für diese Maschinen noch keinerlei Erfahrungen bei Ausnutzung der Windkraft vorliegen. Demgegenüber bedürfen die Kondensatoren keinerlei Wartung, sie sind also tatsächlich die einfachere Lösung.

Über die Ausführung der maschinellen Anlage entnehmen wir aus der v. Lösslschen Ausarbeitung folgende Angaben: „Die Maschinenanlage wird durch Königswelle angetrieben, sie kann dann auf dem Boden aufgestellt werden. Nach Durchbildung einer Anlage für den Reihenbau kann der Generator natürlich auch, wie meist vorgeschlagen, auf den Turm verlegt werden. Diese Frage scheint noch keineswegs so klar entschieden zu sein, wie von den meisten

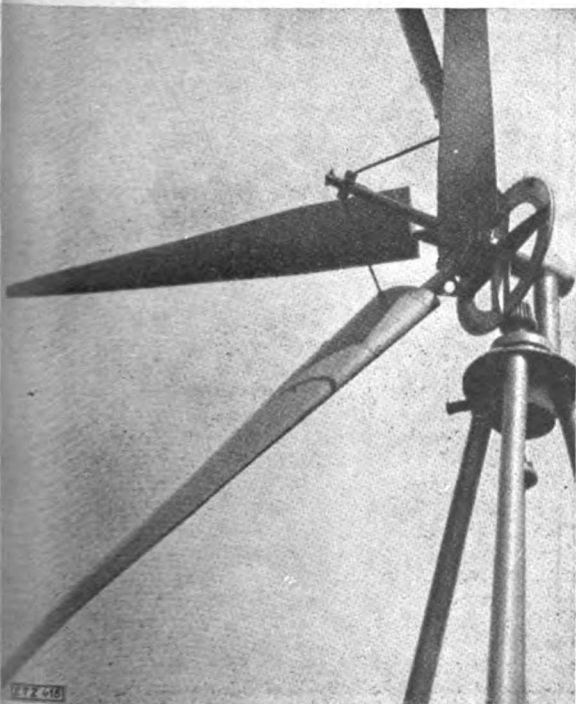


Bild 1. Schirmlaufrad in Ruhe.

<sup>1</sup> M. Kloss: Der direkte Antrieb von Synchrongeneratoren durch Groß-Windkraftwerke im Parallelbetrieb mit einem taktgebenden Netz. ETZ 63 (1942) S. 362 u. 388.

Konstrukteuren angenommen wird; denn dem Nachteil des langen Antriebsweges bei Bodenlage steht der Vorteil leichter Wartung und Montage und einer einfacheren Durchbildung des Turmes gegenüber."

Der hier erwähnte „Vorteil leichter Wartung“ unterliegt an dieser Stelle nicht dem oben ausgesprochenen Einwand. Denn hier handelt es sich ja zunächst nur um das durchaus berechnete Bestreben einer erleichterten Beobachtung des Verhaltens einer ersten Versuchsausführung. Im v. Lösslischen Bericht heißt es dann weiter: „Zu den Hilfsmaschinen sei bemerkt: Der Generator wird bei Über- oder Unterschreitung der Leerlaufdrehzahl durch den Synchronmotor und das Differentialgetriebe ein- und ausgeschaltet. Zwei Wellen des letzteren sind vom Synchronmotor und Generator angetrieben, die „Abzweig“-Welle läuft mit der Differenzdrehzahl und im entsprechenden Drehsinn; sie betätigt über eine Reibungskupplung eine Kippröhre, welche den Magnetstrom des Schaltschützes ein- oder ausschaltet<sup>2</sup>. Die Sicherung gegen „Durchgehen“ des

<sup>2</sup> Zur Frage der selbsttätigen frequenzabhängigen Zu- und Abschaltung des Generators und den damit zusammenhängenden Fragen der Regelung benutze ich die Gelegenheit 1. zur Richtigstellung eines mir beim früheren Anlaß unbeabsichtigt unterlaufenen Irrtums und 2. zur Klärung der Prioritätsfrage.

1. Als der von der AGW Anfang 1946 eingesetzte „Arbeitsausschuß Elektrotechnik“ (AAE), dessen Leitung mir übertragen worden war, seine Arbeiten aufnahm, handelte es sich um die Planung der oben bereits erwähnten Klein-Windkraftwerke zur Versorgung landwirtschaftlich genutzter Gebiete im Parallelbetrieb mit einem taktgebenden Drehstromnetz. Als Folge der Kriegseinwirkungen, der Demontagen und der hierdurch stark herabgesetzten Kapazität der Kraftwerke war damals eine Konstanzhaltung der Frequenz, wie sie unter normalen Verhältnissen früher gewährleistet war, nicht mehr möglich; es mußte vielmehr mit zum Teil erheblichen Frequenzschwankungen gerechnet werden, so daß eine frequenzabhängige Regelung nötig war. Beim AAE waren von der Firma Hein, Lehmann & Co. zwei technische Berichte 78 und 79 (verfaßt von Ing. Georg König) eingegangen über „Periodengleiche Regelung“ und „Isodromregelung mit Periodenanpassung“. Da sich bei der Beratung Unklarheiten ergaben, veranlaßte ich am 29. 4. 1946 die Vertreter der SSW und AEG, mit Herrn König zusammen einen Entwurf für eine selbsttätige Regelungseinrichtung auszuarbeiten und mir vorzulegen. Da der nach 6 Wochen mir von Herrn König überbrachte Bericht wiederum Unklarheiten enthielt und da außerdem H. L. & Co. nicht mehr an Windkraftwerken interessiert zu sein erklärten und Herr König mitteilte, er beabsichtige eine eigene Gesellschaft im Westen zu gründen, so war ich nunmehr auf einen von den SSW mir vorgelegten Bericht mit besonderen Vorschlägen von Neugebauer angewiesen.

Als ich dann 1 1/2 Jahr später für die Zeitschrift „Die Technik“ einen Bericht über „Probleme in der elektrischen Anlage von Windkraftwerken“ (Heft 11/1947) verfaßte, habe ich mich dabei für Klein-Windkraftwerke für Drehstrom auf diesen SSW-Bericht gestützt und dabei leider übersehen, hervorzuheben, daß der hierbei mit benutzte „Frequenzmotor“ auf einen Vorschlag von Herrn G. König zurückgeht. Ich bedaure dieses Versehen und halte mich für verpflichtet, diese ergänzende Richtigstellung hiermit nachzuholen.

2. „Prioritätsfrage“: Aus meinem Bericht über den Nachlaß des Prof. v. Lössl stelle ich nun fest, daß er durch Anordnung des Synchronmotors zusammen mit dem Differentialgetriebe eine frequenzabhängige Zu- und Abschaltung des Generators vorgesehen hat. Diese (dritte) Versuchsanlage ist aber bereits im Jahre 1945 im Betrieb gewesen und hat Strom ins öffentliche Netz geliefert.

Somit ist die „Priorität“ hierfür zweifellos Herrn Prof. Dr. v. Lössl zuzuerkennen gegenüber dem von G. König erst 1946 gemachten Vorschlag.

Was die praktische Seite des Problems anlangt, so ist zu sagen, daß heute die frequenzabhängige Selbstschaltung an Bedeutung verloren hat, da mit dem immer weiter fortschreitenden Ausbau der Kraftwerke die Frequenz mit immer größerer Sicherheit konstant gehalten werden kann.

Laufgrades bei Ausfall oder Ausschaltung des Netzstromes während des Betriebes ist eine federbetätigte Zweibackebremse auf der Generatorwelle, welche durch einen Servomotor im Betrieb gelöst ist. Das Drucköl des Servomotors wird durch eine Zahnradpumpe mit Hilfsmotor erzeugt. Durch die Stilllegung des Maschinensatzes sinkt der Öldruck durch eine Ausgleichsbohrung und die Bremse legt den Windmotor still, der bei Wiedereinschaltung des Netzstromes selbsttätig wieder anläuft. Zur Sicherung gegen Durchgehen bei normaler Netzfrequenz (z. B. durch eine Störung im Generator) schaltet ein Fliehgewicht bei Überdrehzahl durch Vakuumschaltröhren den Motor aus, worauf die Bremse bleibend anlegt.

Mehrere Vereinfachungen wurden bis Kriegsschluß nicht mehr durchgeführt. So kann man z. B. die Welle des Synchronmotors direkt auf die Welle des Asynchrongenerators setzen. Bei Gegendrehsinn des Synchronmotors gegen den Asynchrongenerator steht dann das Gehäuse des ersteren bei der Leerlaufdrehzahl des letzteren still und läuft bei Belastung der Asynchronmaschine als Generator oder Motor mit der Schlüpfungsdrehzahl im einen oder andern Sinn um; über eine Reibungskupplung kann das Gehäuse direkt die Kippröhre betätigen. (Vgl. Ber.) An Stelle des hydraulischen Bremssystems kann Druckluft oder ein hydraulisches System mit Windkessel verwendet werden, so daß mit einem Grenzdruckschalter und magnetisch betätigtem Abblaseventil die Hilfsmaschine nur zeitweise zur Auffüllung des Druckes läuft."

Die zweite, mit „Windmotor für Drehstromerzeugung“ überschriebene kurze Ausarbeitung vom Jan. 1945 geht von der „Staatlichen Versuchs- und Materialprüfungsstelle K. Thun“ aus und bringt außer einigen Hinweisen, die bereits im vorstehenden Bericht wiedergegeben sind, als wertvolle Ergänzung einige

#### Daten über die Versuchsanlage:

Höhe des Bodgerüstes	6 m
Lauftraddurchmesser	8 m
Lauftraddrehzahl	70 ... 73 U/min
Generatordrehzahl	1500 ... 1570 U/min
Lauftrrad-Höchstleistung	15 kW
Lauftrrad-Leistung bei $v_0 = 5$ m/s	1 kW
Lauftrrad-Umfangsgeschwindigkeit	30 m/s
Laufzahl $u/v_0$ bei $v_0 = 5$ m/s	6

Der Windmotor ist als Vorstudie für Großausführungen nach den Entwürfen von Prof. Dr.-Ing. E. v. Lössl erbaut worden und dürfte die erste deutsche Sonderausführung für Drehstromerzeugung darstellen. Der erzeugte Strom wird durch das Überlandnetz geschickt."

Schlußbemerkung des Berichterstatters: Hieraus ist abzulesen, daß die Anlage im Prinzip befriedigend gearbeitet hat. Meßergebnisse, insbesondere über den Einfluß verschiedener Windstärken, liegen uns leider nicht vor.

DK 621.311.17 : 658.14

## Ein Weg zur Finanzierung von Kraftwerksbauten

Im Hinblick darauf, daß die ERP-Hilfe auch für Österreich im Jahre 1952 aufhört, muß, um jegliche Einschränkung oder Unterbrechung des erforderlichen weiteren Ausbaues der Wasserkraft zu vermeiden, rechtzeitig für neue Finanzierungsquellen gesorgt werden<sup>1</sup>. K. Magerl regt die Schaffung eines unter staatlicher Kontrolle stehenden Versicherungsträgers an, dessen Leistungsfähigkeit von Geldwertänderungen nicht berührt wird. Die Prämieinnahmen sollen nur zur Finanzierung von wirtschaftlich rentablen staatlichen Kraftwerksbauten verwendet werden. Die beiderseitigen Leistungen werden nicht in Geld, sondern beispielsweise in kWh festgelegt. Da der Strompreis auf die

Dauer der allgemeinen Preisentwicklung folgen muß, hierdurch für beide Vertragsteile im Rahmen des Möglichen Wertbeständigkeit gesichert. Als Versicherungsnehmer an diejenigen Bevölkerungsschichten gedacht, die heute nicht mehr in der Lage sind, Rücklagen für eine ins Gewicht fallende Altersversorgung aufzubringen. Unter der vorsichtigen Annahme, daß nur 20% der Einwohner Österreichs sich zum Abschluß einer derartigen Versicherung entschließen könnten, ergäbe sich unter Zugrundelegung einer monatlichen Prämie von 150 ö. S. je Versicherungsteilnehmer eine jährliche Gesamteinnahme von 252 Mio. ö. S., ein Betrag, der auch die Finanzierung großer Projekte ermöglichen würde.

Der Verwirklichung dieses Planes steht jedoch vorläufig ein Erlaß des Bundesministers für Finanzen entgegen, nach dem Abschluß von Versicherungen mit Wertsicherungsklauseln verboten ist.

<sup>1</sup> Nach K. Magerl: Öst. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) S. 371; 3 S.



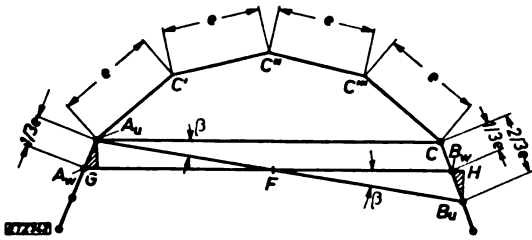


Bild 5. Konstruktion des Wicklungsfaktors für den Strang W - z bei  $x = 1/3$ .

wie oben vorausgesetzt,  $N/t$  geradzahlig ist, dann ist  $m(g+x) = N/2t$  ganzzahlig, und damit muß auch  $m \times$  ganzzahlig sein. Jede der beiden Teilspannungen kann daher nur entweder  $1/2 e$  oder  $2/3 e$  betragen.

Die Bilder 4 und 5 zeigen die beiden hiernach möglichen Linienzüge, in beiden bedeutet A, B die resultierende Spannung des Stranges W. Um den Vergleich mit der Spannung im Strang U zu ermöglichen, ist in beiden Bildern auch der für U sich ergebende Linienzug — entsprechend gedreht — eingezeichnet. Der Linienzug  $A_u C' C'' C''' C$  ist in beiden Bildern derselbe wie  $AC' C'' C''' C$  in Bild 2. Es gilt für  $q' = g + 1/2$  das Bild 4 und für  $q' = g + 2/3$  das Bild 5. Die Strecke  $A_u B_u$  bedeutet in beiden Bildern die Spannung des Stranges U. Aus der Kongruenz der beiden schraffierten Dreiecke folgt  $A_w B_w = GH$ . Damit ergibt sich für Bild 4:

$$\frac{A_w B_w}{A_u B_u} = \frac{E_w}{E_u} = \frac{\zeta_w}{\zeta_u} = \cos(\beta - \alpha/2) = \cos(\beta - 30^\circ/q')$$

und da in diesem Falle  $x = 1/2$  ist, folgt aus Gl. (4):  $\beta = \delta + 10^\circ/q'$ ; demnach ist, wenn  $x = 1/2$ :

$$\zeta_w = \zeta_u \cos(\delta - 20^\circ/q') \tag{5}$$

Entsprechend wird für Bild 5, also für  $x = 2/3$ :

$$\zeta_w = \zeta_u \cos(\delta + 20^\circ/q') \tag{6}$$

Damit kann der Wicklungsfaktor auch für den dritten Strang berechnet werden.

Im Vorstehenden war vorausgesetzt, daß  $N/t$  geradzahlig sei; ist  $N/t$  ungradzahlig, dann gelten im Grunde dieselben Überlegungen. Wird in diesem Falle die Wicklung als zweischichtige Wicklung ausgeführt, dann behalten Gl. (1) ... (6) unverändert ihre Gültigkeit, wenn an Stelle von  $q'$  jetzt  $2q'$  eingesetzt wird. Für einschichtige Wicklungen gilt dies dagegen nur angenähert, da bei dieser Wicklungsart mehrere verschiedene Anordnungen der Wicklung ausgeführt werden können, so daß kleine Abweichungen möglich sind, auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Die beiden die Unsymmetrie kennzeichnenden Größen, die Winkelabweichung  $\delta$  und der Größenunterschied  $\zeta_w : \zeta_u$  sind nur von  $q'$  abhängig. In der Zahlentafel sind die sich aus vorstehenden Gleichungen sich ergebenden Werte zusammengestellt. Da der Unterschied zwischen  $\zeta_w$  und  $\zeta_u$  nur klein ist, wurde in der Tafel 1 der prozentuale Unterschied  $\frac{\zeta_u - \zeta_w}{\zeta_u} \cdot 100$  angegeben. Ist  $N/t$  ungradzahlig, dann ist zur Benutzung der Tabelle an Stelle von  $q'$  der doppelte Wert also  $2q'$  einzusetzen.

Tafel 1

$q'$	$2\frac{1}{3}$	$2\frac{2}{3}$	$3\frac{1}{3}$	$3\frac{2}{3}$	$4\frac{1}{3}$	$4\frac{2}{3}$	$5\frac{1}{3}$	$5\frac{2}{3}$
$\delta$	$1,08^\circ$	$0,88^\circ$	$0,54^\circ$	$0,47^\circ$	$0,33^\circ$	$0,29^\circ$	$0,21^\circ$	$0,19^\circ$
$\frac{\zeta_u - \zeta_w}{\zeta_u} \cdot 100$	1,42	1,07	0,65	0,54	0,37	0,32	0,24	0,21%
$q'$	$6\frac{1}{3}$	$6\frac{2}{3}$	$7\frac{1}{3}$	$7\frac{2}{3}$	$8\frac{1}{3}$	$8\frac{2}{3}$	$9\frac{1}{3}$	$9\frac{2}{3}$
$\delta$	$0,15^\circ$	$0,14^\circ$	$0,11^\circ$	$0,10^\circ$	$0,09^\circ$	$0,09^\circ$	$0,08^\circ$	$0,07^\circ$
$\frac{\zeta_u - \zeta_w}{\zeta_u} \cdot 100$	0,17	0,15	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07%

Welchen Einfluß haben nun Unsymmetrien der Wicklung auf die Wirkungsweise eines Motors? Würde es sich um einen Generator handeln, so könnte man aus einem gegebenen Fluß mit den obigen Gleichungen die drei induzierten Spannungen berechnen, sie würden ein unsymmetrisches Dreiphasensystem bilden. Bei einem Motor liegt es aber umgekehrt; denn die Spannungen sind durch die Netzspannungen bedingt, von denen vorausgesetzt sei, daß sie ein symmetrisches System bilden. Die drei induzierten Spannungen seien deshalb ebenfalls als symmetrisches System vorausgesetzt. Dann aber müssen im Motor zusätzliche Flüsse oder ein unsymmetrisches Flußsystem vorhanden sein.

Führt man statt des Flusses  $\Phi$  die drei Komponenten  $\Phi_u, \Phi_v$  und  $\Phi_w$  ein, so kann man, wenn  $K$  ein durch die Wicklungsdaten gegebener Proportionalitätsfaktor ist, allgemein für die in den drei Wicklungssträngen induzierten Spannungen schreiben:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_u &= \zeta_u e^{j\delta_u} \Phi_u K \\ \mathcal{E}_v &= \zeta_v e^{j\delta_v} \Phi_v K \\ \mathcal{E}_w &= \zeta_w e^{j\delta_w} \Phi_w K \end{aligned} \right\} \tag{7}$$

Sind die drei Komponenten von  $\Phi$  gegeben, dann kann daraus das Spannungssystem berechnet werden; sind umgekehrt die Spannungskomponenten gegeben, dann folgen daraus die Komponenten von  $\Phi$ .

Außer den drei Wicklungsfaktoren ( $\zeta_u, \zeta_v, \zeta_w$ ) enthalten die Gleichungen noch die drei Winkelabweichungen ( $\delta_u, \delta_v, \delta_w$ ). Während bei allen symmetrischen Wicklungen der Wicklungsfaktor eine reelle Zahl ist, muß man also bei einer unsymmetrischen Wicklung mit dem komplexen Ausdruck  $\zeta \cdot e^{j\delta}$  rechnen, der die Winkelabweichungen durch die Unsymmetrien berücksichtigt. Durch einen solchen komplexen Wicklungsfaktor kann man auch unsymmetrische Wicklungen übersichtlich berechnen.

Für die beschriebenen Wicklungen war  $\zeta_u = \zeta_v$  berechnet. Der ebenfalls berechnete Winkel  $\delta$  bedeutet für die Spannung  $E_u$  eine Drehung im negativen Sinn, und für die Spannung  $E_v$  eine Drehung im positiven Sinn; also ist:  $\delta_u = -\delta$  und  $\delta_v = +\delta$  einzusetzen, während  $\delta_w = 0$  ist. Damit ergeben sich die folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_u &= \zeta_u e^{-j\delta} \Phi_u K \\ \mathcal{E}_v &= \zeta_v e^{+j\delta} \Phi_v K \\ \mathcal{E}_w &= \zeta_w e^0 \Phi_w K. \end{aligned}$$

Die in den drei Wicklungssträngen induzierten Spannungen sollen ein symmetrisches System bilden; also ist (Anlehnung an Bild 2) gewählt:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_u &= E e^{+j60} \\ \mathcal{E}_v &= E e^{-j60} \\ \mathcal{E}_w &= E e^{j180}. \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} \Phi_u &= \frac{E}{K} \frac{e^{j60}}{\zeta_u e^{-j\delta}} = \frac{E}{K} \frac{1}{\zeta_u} e^{+j(60+\delta)} \\ \Phi_v &= \frac{E}{K} \frac{e^{-j60}}{\zeta_v e^{+j\delta}} = \frac{E}{K} \frac{1}{\zeta_u} e^{-j(60+\delta)} \\ \Phi_w &= \frac{E}{K} \frac{e^{j180}}{\zeta_w} = \frac{E}{K} \frac{1}{\zeta_w} e^{j180} \end{aligned}$$

Durch Zerlegung in symmetrische Komponenten<sup>1</sup> erhält man:

<sup>1</sup> G. Oberdorfer: Das Rechnen mit symmetrischen Komponenten. B. G. Teubner, Leipzig 1929.

$$\left. \begin{aligned} \Phi_m &= \frac{E}{3K} \left( \frac{e^{j(180+\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{-j(180+\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{j180}}{\zeta_w} \right) \\ &= -\frac{E}{3K} \left( \frac{2}{\zeta_u} \cos \delta + \frac{1}{\zeta_w} \right) \\ \Phi_g &= \frac{E}{3K} \left( \frac{e^{-j(60-\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{j(60-\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{j180}}{\zeta_w} \right) \\ &= \frac{E}{3K} \left( \frac{2}{\zeta_u} \cos(60-\delta) - \frac{1}{\zeta_w} \right) \\ \Phi_0 &= \frac{E}{3K} \left( \frac{e^{+j(60+\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{-j(60+\delta)}}{\zeta_u} + \frac{e^{j180}}{\zeta_w} \right) \\ &= \frac{E}{3K} \left( \frac{2}{\zeta_u} \cos(60+\delta) - \frac{1}{\zeta_w} \right) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Hierin ist  $\Phi_m$  das mitläufige Drehfeld,  $\Phi_g$  das gegenläufige Drehfeld und  $\Phi_0$  das Nullfeld. Setzt man  $\zeta_w \cdot \zeta_u$  nach Gl. (5) und (6) ein, so ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_m &= -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} \left( 1 + 2 \cos 20/q' - 2 \sin \delta \sin(\delta \pm 20/q') \right) \\ \Phi_g &= -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} \left( 1 - \cos 20/q' - 2 \sin \delta \sin(60 - \delta \pm 20/q') \right) \\ \Phi_0 &= -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} \left( 1 - \cos 20/q' + 2 \sin \delta \sin(60 + \delta \pm 20/q') \right) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Das obere Vorzeichen in der Klammer gilt für  $x = \frac{2}{3}$ , das untere für  $x = \frac{1}{3}$ .

Die Anwendung dieser Gleichung möge an einem Beispiel erläutert werden. Gegeben sei  $N = 28$  und  $p = 2$ , also  $t = 2$ . Dann ist  $N/t = 14$  und  $q' = q = 2\frac{1}{2}$ . Dafür ergibt sich nach der Tafel 1  $\delta = 1,08^\circ$ , damit wird:

$$2 \cdot \sin \delta = 3,46 \cdot 10^{-2}$$

ferner ist:  $20^\circ/q' = 20^\circ \cdot 3/7 = 8,57^\circ$

also  $\cos 20^\circ/q' = 0,9888$ , daraus ergibt sich:

$$1 - \cos 20^\circ/q' = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ und } 2 \cdot \cos 20^\circ/q' = 1,977.$$

Da  $x = \frac{1}{3}$ , kommt das untere Vorzeichen in Betracht und die drei Winkel werden:

$$\delta = 20/q' = -7,49^\circ \text{ also } \sin(\delta - 20^\circ/q') = -0,13$$

$$60^\circ - \delta + 20/q' = 67,49^\circ \text{ also } \sin(60^\circ - \delta + 20^\circ/q') = +0,9239$$

$$60^\circ + \delta - 20/q' = 52,51^\circ \text{ also } \sin(60^\circ + \delta - 20^\circ/q') = +0,7934.$$

Damit wird:

$$2 \cdot \sin \delta \cdot \sin(\delta - 20^\circ/q') = -0,488 \cdot 10^{-2}$$

$$2 \cdot \sin \delta \cdot \sin(60^\circ - \delta + 20^\circ/q') = -3,47 \cdot 10^{-2}$$

$$2 \cdot \sin \delta \cdot \sin(60^\circ + \delta - 20^\circ/q') = -2,98 \cdot 10^{-2}$$

und schließlich:

$$\Phi_m = -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} (2,977 + 0,488 \cdot 10^{-2}) = -\frac{E}{K} \cdot \frac{1}{\zeta_w} \cdot 0,9916$$

$$\Phi_g = -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} (1,12 \cdot 10^{-2} + 3,47 \cdot 10^{-2}) = -\frac{E}{K} \cdot \frac{1}{\zeta_w} \cdot \frac{1,53}{100}$$

$$\Phi_0 = -\frac{E}{3K} \frac{1}{\zeta_w} (1,12 \cdot 10^{-2} - 2,98 \cdot 10^{-2}) = +\frac{E}{K} \cdot \frac{1}{\zeta_w} \cdot \frac{0,62}{100}$$

Wie man sieht, entstehen also ein mitläufiges und ein gegenläufiges, also ein elliptisches Drehfeld oder ein Kreisfeld und ein Wechselfeld, welches rd. 3% des Kreisfeldes betragen würde.

Außerdem ist noch ein Nullfeld ( $\Phi_0$ ) von rd. 0,6% vorhanden. Dieses Nullfeld induziert in allen drei Wicklungssträngen gleichphasige Spannungen. Wenn die Wicklung im Dreieck geschaltet ist, dann verursachen diese

Spannungen einen inneren Ausgleichstrom, der zusätzliche Verluste zur Folge hätte. Eine Dreieckschaltung derartiger Wicklungen sollte deshalb vermieden werden! Ist die Wicklung in Stern geschaltet, dann würde das Nullfeld  $\Phi_0$  eine Spannung des Nullpunktes gegen Erde oder gegen den Nullpunkt des speisenden Netzes induzieren.

Die zusätzlichen Felder sind klein. Dem Beispiel liegt die Wicklung zugrunde, die nach der Zahlentabelle den ungünstigsten Fall darstellt; die Nutenzahl  $N = 28$  dürfte ohnehin kaum praktisch in Betracht kommen. Alle anderen Wicklungen sind aber durchweg günstiger, so daß Wicklungen der vorgeschriebenen Art, in sehr vielen Fällen durchaus praktisch brauchbare Ergebnisse liefern dürften.

Bei allen behandelten Wicklungen war stets entweder  $x = \frac{1}{3}$  oder  $x = \frac{2}{3}$ . Wie oben festgestellt, müssen sich diese beiden Zahlen stets dann ergeben, wenn  $g_u = g_v$  gemacht werden soll. Andere Wicklungsausführungen sind aber ebenfalls möglich. So könnte man eine Wicklung sehr wohl auch so ausführen, daß  $g_u \neq g_v$  wäre, ebenso könnten auch einige Nuten unbewickelt bleiben. In allen solchen denkbaren Fällen würden sich im allgemeinen drei verschiedene Winkel  $\delta$  und drei verschiedene große Wicklungsfaktoren  $\zeta$  ergeben, die aber in ganz entsprechender Weise, wie oben, jeder einzeln für sich, bestimmt werden könnten. Für jeden der drei Wicklungsstränge ergäbe sich damit ein anderer (komplexer) Wicklungsfaktor  $\zeta e^{j\delta}$ . An Stelle der Gl. (8) wären dann die allgemeineren Gl. (7) zu benutzen. Der Rechnungsgang würde im übrigen der gleiche sein, wie oben. Bei allen solchen Wicklungen würde sich aber eine größere Unsymmetrie ergeben, als bei den vorgeschriebenen Wicklungen, so daß sie nicht in Betracht kommen, solange es möglich ist, die Wicklung mit  $x = \frac{1}{3}$  oder  $x = \frac{2}{3}$  auszuführen.

Im Nutenstern bedeutet  $N/t$  die Anzahl der ungleichphasigen Nuten, während jeweils  $t$  Nuten gleiche Phase haben. Jeder Strahl des Nutensternes bedeutet also  $t$  Nuten. Ist  $x = \frac{1}{3}$ , so sind von den  $t$  Nuten eines Strahles  $\frac{1}{3}$  zu dem einen Wicklungstrang und  $\frac{2}{3}$  zu dem andern Wicklungstrang zu nehmen; es müßte also  $t$  durch 3 teilbar sein, d. h. wenn die Nutenzahl ein ganzes Vielfaches von drei ist, dann ist die Wicklung ohne weiteres ausführbar.

Die Wicklung kann in diesem Fall so ausgeführt werden wie eine gewöhnliche Bruchlochwicklung, bei welcher die Nutenzahl des einzelnen Stranges von Pol zu Pol verschieden ist. Diese Verschiedenheit hat zwar das Auftreten von Unterwellen zur Folge, doch ist das meist unbedenklich. Ist  $t$  nicht durch drei teilbar, kann man die Wicklung mit mehreren Spulenseiten je Nut ausführen. Wählt man als Spulenseitenzahl  $u = 3$  oder auch ein ganzes Vielfaches von 3, so kann jeder

Strahl wie erforderlich aufgeteilt werden. Wenn  $u = 3$  ist, dann bedeutet das allerdings, daß die Leiterzahl jeder Nut jetzt eine durch drei teilbare Zahl sein muß. Bei der mit Rücksicht auf die Spannungsgleichung festzulegenden Leiterzahl je Nut ist man also in der Wahl etwas eingeschränkt. Da aber bei kleineren Motoren, für welche derartige Wicklungen ja in erster Linie in

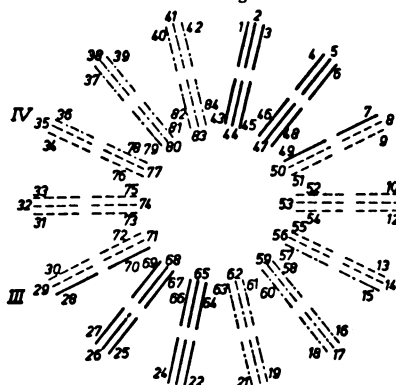


Bild 6. Spulenseitenstern einer unsymmetrischen Drehstromwicklung ( $N = 28, u = 3, p = 2$ ).

Betracht kommen, die Leiterzahl in der Regel groß genug ist, so ist diese Einschränkung meist bedeutungslos. Andererseits hat eine Wicklung mit  $u = 3$  den Vorteil, daß alle Pole gleichmäßig bewickelt werden können, Unterwellen also vermieden werden.

\* H. Rother: Z. Elektrotechn. (1948) S. 101.

Als Beispiel diene die oben behandelte Wicklung ( $N = 28, p = 2$ ). Mit  $u = 3$  erhält man  $3 \cdot 28 = 84$  Spulenseiten, von denen je sechs die gleiche Phase haben (vgl. den Spulenseitenstern Bild 6). Die Spulenseiten werden gleichmäßig auf die Wicklungstränge aufgeteilt, jeder Pol bekommt sieben Spulenseiten für jeden Strang. In den Nuten, welche in die mit I, II, III und IV bezeichneten Richtungen fallen, gehört jeweils eine Spulenseite zum einen Strang und zwei zum anderen Strang. Die einzelnen Spulenseiten verteilen sich in folgender Weise auf die drei Wicklungstränge:

	U - x	V - y	W - z
Vorwärts durchlaufen:	1 ... 7 und 43 ... 49	15 ... 21 und 57 ... 63	29 ... 35 und 71 ... 77
Rückwärts durchlaufen:	22 ... 28 und 64 ... 70	36 ... 42 und 78 ... 84	8 ... 14 und 50 ... 56

Ein Wickelplan dürfte sich erübrigen, die Wicklung kann sowohl einschichtig als auch zweischichtig ausgeführt werden.

**Zusammenfassung**

Für unsymmetrische Wicklungen, wie sie unter Umständen bei Verwendung vorhandener Blechschnitte nötig werden können, werden Formeln aufgestellt, nach welchen die Größenunterschiede der in den verschiedenen Strängen induzierten Spannungen sowie die Winkelabweichungen dieser Spannungen von der richtigen Phasenstellung berechnet werden können. Beim Anschluß eines Motors mit einer unsymmetrischen Wicklung an ein Netz mit symmetrischem Spannungssystem entsteht im Motor ein elliptisches Drehfeld und ein Nullfeld, für deren Berechnung Formeln entwickelt werden.

Wie sich zeigt, können durch Benutzung komplexer Ausdrücke für die Wicklungsfaktoren auch unsymmetrische Wicklungen einer übersichtlichen Berechnung zugänglich gemacht werden. Die bei den beschriebenen Wicklungen sich ergebenden elektrischen und magnetischen Unsymmetrien sind durchweg so klein, daß sie in vielen Fällen als unbedenklich angesehen werden können und die Ausführung solcher Wicklungen eine brauchbare Behelfsmaßnahme bilden kann.

Der Entwurf einer derartigen Wicklung wird an einem Beispiel kurz erläutert.

**Eine transportable Gleichspannungsapparatur für die Industrielle Röntgendurchstrahlung**

DK 621.386.14 : 621.1

Zuerst wird in den wesentlichsten Punkten die Steigerung des Gebrauchswertes eines Grobstruktur-Röntgenapparates besprochen, die durch den Übergang von der Villardschaltung auf eine Gleichspannungsschaltung des Hochspannungsgenerators entsteht<sup>1</sup>. Sodann werden ein unter diesem

Gesichtspunkt neu entwickelter 150/300 kV-Gleichspannungsapparat und ein zugehöriges neues Röhrenprogramm beschrieben. Vom elektrotechnischen Standpunkt aus ist vorzugsweise über den Hochspannungserzeuger und eine neuartige Kabelsteckerkonstruktion für 150 kV Betriebsspannung gegen Erde zu referieren<sup>2</sup>.

Bild 1 zeigt, wie in dem Kessel des Hochspannungsgenerators alle Teile eines 150 kV-Gleichspannungskreises von 3 kW Dauerleistung bei einem Raumbedarf von nur  $86 \times 69 \times 25 \text{ cm}^3$  untergebracht wurden. Das eingetragene Prinzipschaltbild erklärt die Bedeutung der einzelnen unter Öl angeordneten Teile: es handelt sich um eine Villardschaltung mit Gleichspannungs-Zusatzkreis (Cockroft-Schaltung).

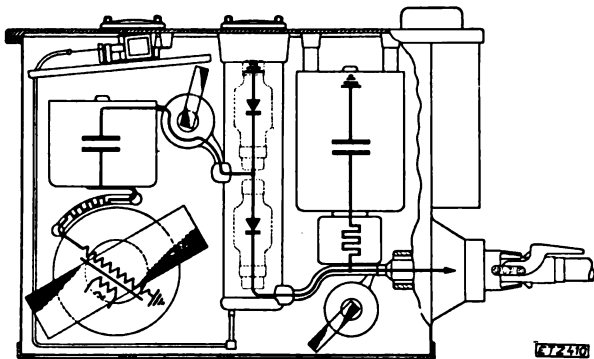


Bild 1. Innerer Aufbau und Prinzipschaltung des 150 kV-Gleichspannungsgenerators.

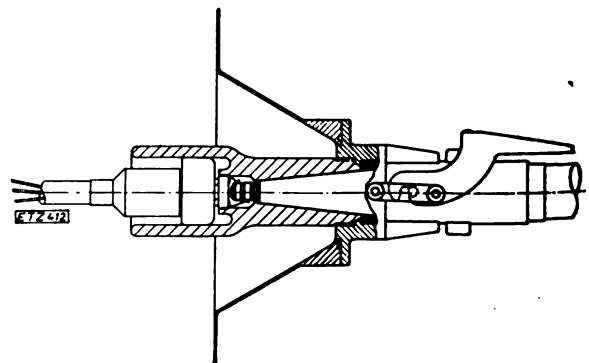


Bild 3. Schnitt durch die geschlossene Gummikonus-Steckverbindung nach Bild 2.

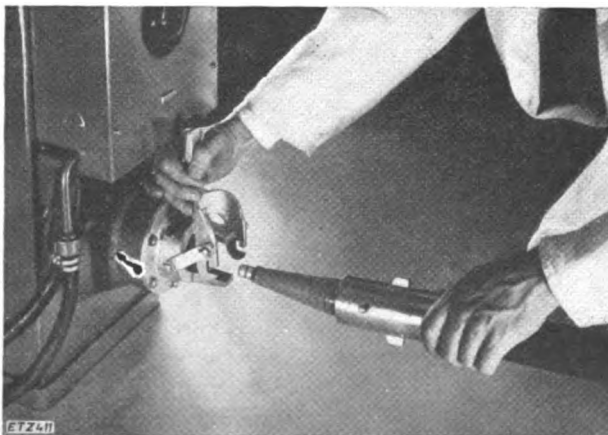


Bild 2. Ansicht der Gummikonus-Steckverbindung für 150 kV Betriebsspannung gegen Erde.

Die Bilder 2 und 3 zeigen den Aufbau und die Handhabung der Hochspannungs-Steckerverbindung. Das vom Hochspannungsgenerator zur Röntgenröhre führende Gummikabel ist beiderseits mit diesen Steckern versehen, die nur eine einzige Griffbewegung zum Anschließen oder Abtrennen des Hochspannungskabels erfordern. Das Gummikabel selbst stellt mit seinem konisch zugespitzten Ende den elastischen Stecker dar, der in die aus festem Isolierstoff bestehende Steckbuchse eingeführt und durch einen Kniehebel fugenlos angepreßt wird. Diese Hochspannungsverbindung ist völlig unabhängig von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit am Benutzungsort.

<sup>1</sup> Nach A. Kuntke u. H. Verse: Röntgenbl. 3 (1950) S. 246, 75, 10 B.  
<sup>2</sup> Hersteller: C. H. F. Müller AG., Hamburg.



# RUNDSCHAU

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.29.043

**Elektrische Maschinen mit neuem Ankersystem.** [Nach E. Astuni: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 67 (1950) S. 225; 7 S., 15 B.]

Der Grundgedanke von E. Astuni, der besonders auf Gleichstrommaschinen angewendet werden soll, ist der folgende: Die Maschine erhält zwei Ankerwicklungen mit getrennten Kommutatorstegen; die Breite der auf dem Kommutator schleifenden Bürsten ist kleiner als die Stegteilung, so daß durch die Bürsten niemals eine Spule der gleichen Ankerwicklung überbrückt wird. Der Verfasser nennt eine solche Maschine Paraldyne. Bei Anwendung auf eine Unipolarmaschine nennt er sie azyklische Paraldyne, beim Polsystem der üblichen Kommutator-Gleichstrommaschine bezeichnet er sie als zyklische Paraldyne.

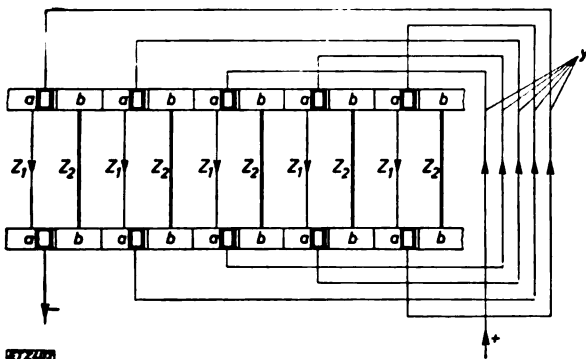


Bild 1. Azyklische Paraldyne mit zwei Kommutatoren.

In Bild 1 ist die Schaltung der azyklischen Paraldyne dargestellt. Die Stäbe  $Z_1$  mit den Kommutatorstegen  $a$  gehören der einen, die Stäbe  $Z_2$  mit den Stegen  $b$  der andern Wicklung an. Die dick ausgezogenen Rechtecke auf den Kommutatoren bezeichnen die Bürsten, über die die einzelnen Stäbe in Reihe geschaltet werden können.

Bild 2 ist die Schaltung der zyklischen Paraldyne mit zwei offenen Wicklungen und nur einem Kommutator. Die zyklische Paraldyne läßt sich aber auch mit geschlossenen Wicklungen ausführen. Bild 3 zeigt hierfür den abgewickelten Schaltplan für eine zweipolige Maschine mit nur einem Kommutator, wobei die beiden Wicklungen durch verschiedene Strichstärken voneinander unterschieden sind. Die Weite der Spulen ist wohl nur der Deutlichkeit wegen so klein gezeichnet, während sie in Wirklichkeit etwa gleich der Polteilung sein soll.

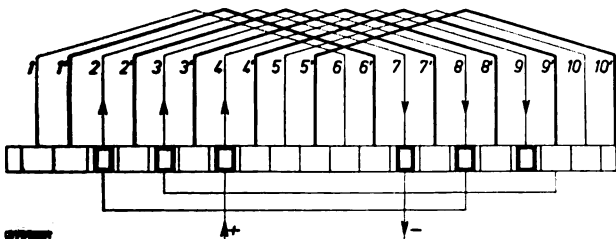


Bild 2. Zyklische Paraldyne mit zwei offenen Wicklungen und einem Kommutator.

Um beim Überleiten des Stromes von der einen zur andern Wicklung Bürstenfeuer zu vermeiden, wird durch einen Schalter, der als Schaltkommutator ausgebildet werden kann, der Strom in der Wicklung, die jeweils die Bürste verläßt, unterbrochen. Das Bürstenfeuer wird also einem besonderen Schaltorgan übertragen, so daß jeweils die Wicklung, die die Bürste verläßt, am Hauptkommutator stromlos unterbrochen wird. Bei dieser Einrichtung werden die beiden Wicklungen an getrennte Kommutatoren angeschlossen. Zur Unterdrückung des Schaltfeuers können Löschkondensatoren verwendet werden. Es werden einige mögliche Schaltungen behandelt, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

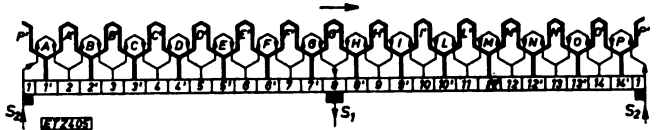


Bild 3. Zyklische Paraldyne mit geschlossenen Wicklungen und einem Kommutator.

Aus dem Aufsatz läßt sich nicht erkennen, welche Vorteile gegenüber den bisher üblichen Maschinen mit Kommutator erreicht werden. Es ist auch nicht angegeben, ob Maschinen mit dem neuen Ankersystem schon ausgeführt sind.  
Rr

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.1.018.12 (485) : 621.319.44

**Reihenkondensatoren in einer 220 kV-Leitung (Schweden).**

[Nach ASEA J. 23 (1950) H. 5/6.]

Nach den erfolgreichen Versuchen der amerikanischen Elektrizitätswerke, ihre Höchstspannungsnetze — zur Erhöhung der übertragbaren Leistung bei ausreichender Stabilität, Beseitigung von Spannungszuckungen bei stark stoßweiser Belastung — durch Reihenkondensatoren<sup>1</sup> zu verstärken, die den induktiven Blindwiderstand der Übertragungsanlagen teilweise kompensieren, hat das Schwedische Staatliche Elektrizitätsamt 1949 eine Großanlage dieser Art in seine 480 km lange 220 kV-Leitung Stadforsen-Hallsborg eingebaut<sup>2</sup>. Aus diesem Anlaß behandelt die Asea in Västerås (Schweden), die mehr als die Hälfte der Kondensatoren-batterie und ihre gesamte Schutz-einrichtung geliefert hat, die wirtschaftlichen und technischen Probleme dieser Leitungsverstärkung und veröffentlicht zugleich technische Einzelheiten über diese schwedische Großanlage.

J. Herlitz weist in seinen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen darauf hin, daß die Jahreskosten einer Reihen-kondensatoren-anlage, vermehrt um die jährlichen Kosten für die Zusatzverluste bei größerer Belastung der kompensierten Leitungen, den Jahreskosten einer neuen Leitung gegenüberzustellen sind. Daraus ergibt sich eine obere Grenze für die Wirtschaftlichkeit in der Verwendung von Reihen-kondensatoren. Aus den Jahreskosten für die Übertragung einer bestimmten Leistung über  $n$  Leitungen gegebener Spannung lassen sich die für kleinste Jahreskosten bei Leitungsverstärkung durch Kondensatoren erforderlichen  $n_1$  Leitungen ( $n_1 < n$ ;  $n$  und  $n_1$  ganze Zahlen) des Übertragungssystems und der wirtschaftliche Kompensationsgrad ermitteln. Die Kompensation durch Reihen-kondensatoren bringt wirtschaftliche Vorteile für Leitungen von 220 kV bei Längen über 200... 250 km, von 380 kV über 275... 350 km.

Von den technischen Problemen sind nach N. Knudsen insbesondere die Überspannungen, verursacht durch Netzschwingungen, Kurzschlußströme und Netzschaltungen, sowie die subharmonischen Schwingungserscheinungen zu beachten. Netzschwingungen entstehen durch Pendelungen der über die kompensierte Leitung gekoppelten Synchronmaschinen; entsprechend den bis zur Stabilitätsgrenze noch zulässigen Winkeln  $\gamma$  zwischen den Spannungsvektoren auf beiden Seiten des Kondensators können sie an diesem nur Überspannungen bis zum 1,8... 2fachen Wert der normalen Spannung hervorrufen. Demgegenüber werden Reihen-kondensatoren, genau wie Parallelkondensatoren, normalerweise für die 3fache Betriebs-, d. h. Klemmenspannung bemessen. — Gegenüber Spannungen durch Netzkurzschlüsse außerhalb der kompensierten Leitung sind die Kondensatoren durch besondere Schutzfunkenstrecken zu schützen, die beim 2,8... 3fachen Wert der betriebsmäßigen Kondensator-klemmenspannung ansprechen. Diese Schutzmaßnahme<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gen. electr. Rev. 31 (1928) S. 432, 33 (1930) S. 279 u. 613, 36 (1936) S. 461, 40 (1937) S. 174; Electr. J. 33 (1936) S. 145; Ele-ctr. Engrs. 67 (1948) S. 158 u. 236; Electr. Wld. N. Y. (1934) S. 942; 106 (1936) S. 3488; Schweiz. techn. Z. 11 (1936) S. 587; AEG-Mitt. (1936) S. 147; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 419; BEAMA J. 56 (1949) S. 64.

<sup>2</sup> ETZ 71 (1950) S. 497.

<sup>3</sup> Ann. d. Ber.: G. Hauffe schlägt im Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 785 eine Sättigungsdrosselspule parallel zum Reihen-kondensator vor, d. h. eine Anordnung, die im Normalbetrieb kapazitiv, im Kurzschlußfall dagegen induktiv wirkt. Vgl. a. ETZ 59 (1938) S. 1316.

ist umso wirkungsvoller, je höher die Leitung kompensiert ist (Einfluß des Kompensationsgrades auf die Einschwingfrequenz). — Auch das Einschalten der kompensierten Leitung auf volle Belastung ergibt an den Kondensatoren ungünstigen Falles nur Überspannungen bis zum 3fachen Wert der betriebsmäßigen Klemmenspannung. Wird die kompensierte Leitung mit Kurzschluß-Fortschaltung (Kurzunterbrechung) betrieben, so müssen die Schutzfunkenstrecken, damit sie bei Schnellwiedereinschaltung nicht schon bei Spannungen unter Sollwert ansprechen, mit Schnellentionisierung arbeiten. — Die beim Betrieb von Reihen-kondensatoren möglichen subharmonischen Schwingungserscheinungen<sup>4</sup>, nämlich eisenmagnetische, asynchrone und Selbstregungsschwingungen (Pendelungen der Motorenläufer) können kaum zu besonderen Schwierigkeiten führen; sie sind bei Parallelbetrieb der kompensierten Leitung mit nicht kompensierten Leitungen praktisch ausgeschlossen und lassen sich anderen Falles durch einfache Abhilfen sicher vermeiden<sup>4</sup>.

B. Zetterstedt gibt technische Einzelheiten über die schwedische Großanlage. Diese in der Schaltanlage Alfta und somit in etwa der Mitte der 480 km langen 220 kV-Leitung aufgestellte Kondensatoranlage von 31,4 MVar<sup>5</sup> kompensiert 20% des Blindwiderstandes dieser Leitung und erhöht deren Übertragungsfähigkeit bei gleichbleibender Stabilität um 25% (35 MW) auf insgesamt 175 MW. Bei dieser Leistung beträgt die Klemmenspannung am Kondensator 21 kV. Vergrößerung der Kondensatorleistung auf 60 MVar zur Kompensation der Leitung auf 30% ist geplant. Die von der Asea gelieferte Teilbatterie hat folgende Daten: Leistung eines Kondensatorelementes 33 kVar, Klemmenspannung des Elementes 1630 V, je Phase 7 Elemente in Serie und 2×13 parallel, das aktive Material unter 2...3 at Druck eingeschlossen in zylinderförmige, hermetisch abgeschlossene Gefäße aus Stahlblech mit Membranwirkung, Abführung der Verlustwärme durch metallische Verbindung der Folien eines Kondensatorbelages mit dem einen mit Kühlrippen versehenen Gehäusedeckel, mit Absicherung der einzelnen, gegeneinander isolierten Kondensatorabschnitte durch Sicherungen in den Folien des nicht zur Wärmeableitung benutzten Kondensatorbelages.

Die Schutzeinrichtung besteht in der Hauptsache aus Überbrückungsschalter, Schutzfunkenstrecke in Sonderbauweise mit Metall- und Kohlelektroden (Ansprechspannung 85 kV), Dämpfungswiderständen und -drosseln, Schutzkondensator von 0,1  $\mu$ F (zur Ansprechverhinderung bei atmosphärischen Überspannungen) und Spannungswiderständen parallel zur Funkenstrecke. Der Anfang 1950 in Betrieb genommene Reihen-kondensator mit Zubehör, Gewicht 200 t, ist aufgehängt in einem eisernen Gerüst, das für 220 kV gegen Erde isoliert ist<sup>6</sup>.

Sch A

DK 621.317.32.018.33

**Oberwellenmessungen an einem mitteldeutschen Hoch- und Mittelspannungsnetz.** [Nach R. Wapper: Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 275; 3 S., 11 B.]

Erdschlüsse im 100 kV-Netz des Energiebezirkes Ost, die durch die eingebauten Erdschlussspulen nicht vollkommen gelöscht wurden, veranlaßten umfangreiche Messungen der Oberwellenspannungen. Die Hauptursache dieser Oberwellen liegt in den Transformatoren. Eine sinusförmige Spannung erzeugt in einem Transformator einen sinusförmigen Fluß, der wegen der gekrümmten Magnetisierungslinie einen nicht mehr sinusförmigen Magnetisierungsstrom zur Folge hat. Dabei wird die fünfte Oberwelle besonders stark ausgeprägt. Während die Wellenlänge für die Betriebsfrequenz 6000 km beträgt, ist sie für die fünfte Oberwelle nur noch 1200 km. Da sich bereits bei einem Viertel dieser Wellenlänge und Leerlauf ausgeprägte Resonanzerscheinungen an den Leitungen zeigen, ist die Oberwellenspannung am Ende der leerlaufenden Leitung also viel größer als am Anfang. Es bestand daher die Vermutung, daß die unvollkommene Kompensation der Erdschlusströme durch die Erdschlussspulen durch Oberwellen verursacht wurde. Im Sommer 1947 wurden deswegen mit einem Oberwellenmeßgerät der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen umfangreiche Messungen vorgenommen. Das Gerät enthält einen Sperr-

kreis für die Grundwelle und drei auf die 5., 7. und 11. Oberwelle abgestimmte Spulen. Die Oberwellenspannungen werden aus der Eichkurve ermittelt; als Spannungsmesser dient ein Trockengleichrichtergerät.

Bei den Untersuchungen ergab sich, daß nur die fünfte Oberwelle stark ausgeprägt vorhanden war, während die 7. und 11. Oberwelle vernachlässigbar klein waren. Die Höhe der Oberwellenspannung hängt von der Wirklast des Netzes ab und ist besonders in den Nachtstunden und bei schwacher Last groß. Mit der Entfernung von den Kraftwerken steigt die Höhe der Oberwellenspannung an, die sich besonders stark bei Auftrennung der sonst im Verbundbetrieb zusammengeschalteten Netzteile ändert. Die prozentuale Oberwellenspannung war der Spannung umgekehrt proportional. Die kleinste prozentuale Oberwellenspannung wurde im 100 kV-Netz ermittelt, die höhere im 30, 10, 6 und 3 kV-Netz. In keinem Fall waren die aufgetretenen Größtwerte höher als 5%; als Maximum wurden 4,75% im 10 kV-Netz in Oelsnitz bei Trennung der Netze in Remptendorf gemessen. Der Parallelbetrieb großer Netze wirkt sich günstig auf das Oberwellenverhalten aus. Versuche mit Schaltungen und Umspannern zeigten, daß es nicht möglich ist, den Betriebspunkt aus einer gefährlichen Resonanzlage zu verschieben.

ts

DK 621.311.1.015.1

**Aufbau und Anwendung des österreichischen Netzmodells.** [Nach W. Erbacher: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) H. 11.]

Das österreichische Verbundnetz zwingt zur experimentellen Untersuchung der Betriebsbedingungen:

Die Gesamtleistung teilt sich auf eine relativ große Anzahl von Werken auf, die ihrerseits durch ein stark vermaschtes und ausgedehntes Leitungsnetz miteinander verbunden, andererseits in ihrer Größe stark unterschiedlich sind. Das Zu- oder Abschalten eines Werkes kann somit einerseits fühlbare Leitungskapazitäten zuschalten oder abtrennen, andererseits wesentlich geänderte Generatorkonstanten erscheinen lassen. Die rechnerische Untersuchung der Betriebsverhältnisse wird derart umständlich und zeitraubend, daß nur ein Netzmodell hierzu herangezogen werden kann. Die den Betrieb des österreichischen Verbundnetzes führende Österreichische Elektrizitätswirtschafts-AG. (Verbundgesellschaft) hat nunmehr durch Siemens & Halske, Wien, ein Netzmodell aufstellen lassen, das in manchen Richtungen neue Wege beschreitet.

Es ist vor allem ein Niederspannungsnetzmodell der Betriebsfrequenz. Die Literatur über solche Modelle läßt deutlich Bedenken gegen die Normalfrequenz erkennen. Es seien deshalb die Eigenschaften der die Induktivität des Netzes nachbildenden L-Elemente vorausgeschickt: sie wurden aus einer Sonderblechsorte hergestellt und weisen geringste Verluste unter größtmöglicher Stromunabhängigkeit ihres L-Wertes auf (beim Stromverhältnis 1:50 beträgt die Toleranz 2%, der Wirkwiderstand rd. 10% des Blindwiderstandes). Die strenge Einhaltung der Frequenz wird gewährleistet unter anderem durch die relative Größe des das Netzmodell speisenden Synchrongenerators für 30 kVA und den als Antrieb verwendeten Gleichstrom-Kompoundmotor mit feinstufiger Drehzahlregelung. Dieser wird über einen Gleichrichter vom Stadtnetz gespeist. Die Starrheit der Spannung wird durch einen Spannungsregler mit einer Empfindlichkeit von  $\pm 0,5\%$  gewährleistet. Der Speisemaschinensatz und seine Schalttafel sind in einem Nebenraum aufgestellt.

Das Netzmodell ist ein Einphasenmodell, das auch als dreiphasiges Modell verwendet werden kann, wobei sich die Anzahl der zu untersuchenden Knotenpunkte auf  $\frac{1}{2}$  vermindert. In jedem Knotenpunkt lassen sich vier Nachbildungen von Generatoren oder Kraftwerken, Umspannstellen, Leitungen oder Verbrauchern zusammenschalten, die Ströme in jedem der nachgebildeten Anlagenteile messen und die Knotenmittelpunkt-Spannungen, d. h. die Sammelschienenspannung ermitteln.

Die Untersuchungen werden an der Haupttafel vorgenommen, die auf einem Unterbau ruht und vorn mit Schuttablack bestrichen ist, so daß durch Kreidestriche das Netz graphisch dargestellt werden kann. Die Nachbildungen werden mit den 4 Kontakten des Knotenpunktes verbunden durch das Stecken eines besonderen Steckers wird die Verbindung mit dem Knotenmittelpunkt hergestellt. Statt dieses Steckers kann auch ein Strommesserstecker eingeführt werden, wodurch man die Stromstärke ablesen kann. Wird in den Kontakt des Knotenmittelpunktes der Stecker der Span-

<sup>4</sup> Electr. Engng. 56 (1937) S. 975; vgl. a. ETZ 58 (1937) S. 1321.

<sup>5</sup> Das Var (Voltampere réactive) wird international vielfach als Einheit der Blindleistung benutzt.

<sup>6</sup> Vgl. a. Bericht v. G. Jancke u. K. F. Akerström a. d. UNIPED 1949 in Brüssel; Bericht Nr. 332 Cigre Paris 1950; Tekn. T. 79 (1949) S. 91; Electr. Engng. 69 (1950) S. 53.

nungsmessenzuleitung gesteckt, so wird die Sammelschienen-Spannung festgestellt.

Die Meßgeräte befinden sich auf dem Meßtisch vor der Haupttafel, ebenso sonstige Bedienungsgeräte. Strom und Spannung lassen sich auch wahlweise mit einem neuartigen Vektormesser ermitteln, der die Messung der absoluten Größe und der Phasenlage der gemessenen Spannung oder des Stromes gestattet. Eine Zusatzeinrichtung für oszillo-graphische Aufnahmen läßt z. B. die Erfassung von Stoßkurzschluß-Strömen zu.

20 Kraftwerke lassen sich durch je einen dreiphasig gespeisten Drehregler und einen induktiven Spannungsteiler nachbilden, der an den Klemmen einer Phase der Sekundärwicklung des Drehreglers liegt. Durch dieses Zubehör wird die Phasenlage eingestellt oder die Spannungsgröße geregelt. Diese Geräte sind hinter den zwei Generator tafeln untergebracht, die sich im Hauptraum befinden. Regeltransformatoren werden durch besondere Spartransformatoren nachgebildet.

Transformatoren, Leitungen und Verbraucher oder die Impedanzen der Generatoren werden mit den bereitgestellten Elementen auf Einschubplatten zusammengestellt, die in zwei im Hauptraum vorhandene Fächerschranke eingeschoben werden. Der Fächerschrank erhält die Gegenkontakte für die Nachbildungen, die durch das Einschieben selbsttätig mit den Klemmen des Schaltpultes am Unterbau der Hauptschalttafel verbunden werden.

Vorerst wurden 2000 R-Elemente, 3000 C-Elemente und 2000 L-Elemente bereitgestellt. Die R-Elemente bestreichen drei Dekaden von 1 ... 900  $\Omega$  und für Abgleichungszwecke 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8  $\Omega$ . Die C-Elemente bestreichen ebenfalls 3 Dekaden und zwar den Bereich 0,5 ... 500 nF. Die L-Elemente umfassen den gleichen Bereich 1 ... 900  $\Omega$ . Die Betriebserfahrungen sollen entscheiden, ob es notwendig ist, diese Bereiche zu erweitern. Mit flexiblen Schnüren wird die Verbindung zwischen den Kontakten des Schaltpultes am Unterbau der Haupttafel und denen der Knotenpunkte hergestellt, die hinter der Schalttafel zugänglich sind.

Dem Bericht ist zu entnehmen, daß die Verbundgesellschaft folgende Probleme, die in ihrem Verbundnetz auftreten, mit dem Netzmodell experimentell klären will: Lastverteilung im Verbundnetz, Maßnahmen zur Nivellierung des Spannungsniveaus, Größe und Aufstellungsort von Blindstrom-Leistungskompensatoren, Regelbereich von Transformatoren, Auswirkung neuer Übertragungsleitungen, Aufstellung von Quer- und Längsreglern, allgemeine Maßnahmen zur Verminderung der Übertragungsverluste, Grenzen der Stabilität einer Übertragung, Auslegung von Landesversorgungsnetzen. Die Verwendung des Netzmodells soll sich jedoch nicht auf das Verbundnetz beschränken, auch die Teilnetze der Bundesländer, auf Wunsch auch ausländische Netze, sollen damit untersucht werden.

Y

## Leitungen

DK 621.315.1.015.34

**Die Dämpfung elektrischer Wanderwellen.** [Nach S. Rusck: Tekn. T. 80 (1950) S. 305; 4 S., 7 B.]

Auf Initiative des Gewitterforschungsausschusses wurden im Herbst 1949 Messungen von Wanderwellen (Stoßgenerator) in Zusammenarbeit zwischen Aseas Hochspannungslaboratorium und Vattenfallsstyrelsen durchgeführt, um hierdurch Unterlagen für theoretische Berechnungen zu gewinnen. Gemessen wurde an einer normalen 120 kV-Holzmastenleitung mit 4,5 m Phasenabstand. Die mittlere Höhe der Stahlaluminiumleiter über dem Erdboden betrug rd. 9 m und der Durchmesser der Leiter 21,6 mm. Die Leitung besaß kein Erdseil. Die Halbwertzeit der Stöße, die bis auf 800 kV gesteigert werden konnten, betrug 22  $\mu$ s bei dreiphasigem und 35  $\mu$ s bei einphasigem Stoß. Die Spannung der Wanderwellen wurde mit 3 Kathodenstrahloszillographen bestimmt, von denen zwei 150 m und 12,7 km weit vom Stoßgenerator fest und der dritte auf einem Fahrzeug angeordnet waren. Die Messungen zeigen u. a., daß die Spannung bei einphasigen Stößen auf der Außenphase die entgegengesetzte Polarität gegenüber der Mittelphase erhält und daß die Spannung zwischen den Phasen größer wird als die Spannung der Mittelphase gegenüber Erde. Diese Erscheinung kann dadurch erklärt werden, daß die Erdkomponente kräftiger gedämpft wird als die Phasenkomponenten.

Aus den Meßergebnissen, über die der Aufsatz Oszillogramme bringt, kann die Dämpfung für Stöße beliebiger Form berechnet werden. Die gefundenen Werte für die Amplitudendämpfung von drei- und einphasigen Exponen-

tialstößen werden als Funktion des Abstandes vom Einspeisepunkt des Stoßes mit der Halbwertzeit des Stoßes als Parameter graphisch dargestellt.

Schließlich behandelt der Aufsatz auch noch die Dämpfung als Folge von Korona, wobei aus den Kurven hervorgeht, daß positive Spannungen stärker gedämpft werden als negative und ferner, daß die Korona dahingehend wirkt, daß der über einem bestimmten Spannungsniveau liegende Teil der Welle zurückgedrängt wird. Der Verfasser kommt zu dem allgemeinen Schluß, daß innerhalb des untersuchten Spannungsbereiches und der untersuchten Leitungslängen die Koronadämpfung nur bei relativ kurzen Stößen eine größere Bedeutung hat.

Do

DK 621.315.33.029.5/6

**Die Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten.** [Nach V. G. Hoptroff u. G. I. R. Rosevear: Proc. Instn. electr. Engrs. III 97 (1950) S. 191; 8 S., 3 B., 3 Taf.]

Der Ausschuss für die Normung von Rundfunkteilen (Radio-Components-Standardisation-Committee) in England hat die an Isolation von Leitungen in Hochfrequenzgeräten gestellten mechanischen und elektrischen Anforderungen in Normen festgelegt und Prüfbedingungen entwickelt. In mechanischer Hinsicht sind Festigkeit, Biegsamkeit ohne Reißen oder Brechen, gleichmäßige und leichte Herstellbarkeit, Widerstandsfähigkeit bei höchsten und niedrigsten Betriebs- und Lagertemperaturen und bei Dauerbetrieb zu beachten, beim Löten der Leitungsenden darf die Isolation nicht schmelzen. Elektrisch muß die Isolation spannungsfest über einen bestimmten Frequenzbereich sein und einen Isolationswiderstand haben, der sich für den gegebenen Betriebstemperaturbereich und in feuchtwarmer Luft (Tropen) nicht ändert. Sonderanforderungen bei Wehrmachtsgeräten sind Beständigkeit gegen Benzin und Öl, hohe Feuerfestigkeit, chemische Trägheit und wachstumshemmende Eigenschaften gegenüber Schimmelpilzen. Zu diesen Anforderungen treten noch die vom Konstrukteur gestellten Bedingungen hinsichtlich Raumbedarf, Leitungsanordnung und Wahl des Leiters. Der Normenausschuss hat bestimmte Isolationstypen herausgearbeitet; der sicher überstrichene Betriebstemperaturbereich wird mit den Buchstaben A, B, C, die Spannungsfestigkeit mit den Zahlen 1, 2, 3, 4 bezeichnet. Die beste Isolation ist damit Type 1A (1 entspricht 3000 V Gleichspannung, A entspricht 100 °C).

Die Leitungen werden isoliert, indem entweder ein Isolierschlauch über den Leiter geschoben oder der Leiter mit Isolierstoff fest ummantelt wird. Die Prüfmethode sehen eine Lötprobe vor; das Leiterende wird auf 20 mm abisoliert und für 15 s auf eine Länge von 5 mm in das geschmolzene Lötzinn eingetaucht. Die Spannungsfestigkeit wird mit nieder- und hochfrequenten Spannungen 15 min lang geprüft, der Isolationswiderstand mit Gleichspannung von 500 V, wobei man den Widerstand längs der Oberfläche und quer durch den Isolierstoff mißt. Hinzu kommen Klimaprüfungen, Prüfung auf Schimmelbefall, Lebensdauerprüfung über 1000 h und eine Erprobung bei hoher Temperatur (125 °C). Bei Gummiisolation wird noch der Gehalt an freiem Schwefel untersucht.

Die betrachteten Isolierstoffe sind thermoplastische Kunststoffe, Gummi und Seidenband. In neuester Zeit kommt hierzu noch Glasgarn (elektrische Maschinen). Da die Entwicklung der hochfrequenztechnischen Anlagen vor allem auf dem Gebiet der modernen Waffen (z. B. Fern- und Selbststeuerung von Geschossen) auf kleinsten Raumbedarf abzielt und hohe Betriebserwärmung bedingt, wird für die betreffenden Isolierstoffe die Temperaturbeständigkeit auf etwa 200 ... 250 °C erweitert werden müssen; die Entwicklung neuer Isolationsstoffe geht vermutlich von den Silizium- und Fluor-Kunststoffen (Silikone und Fluorine) aus. Unabhängig davon soll die Methode der „gedruckten“ Schaltungen weiter entwickelt werden.

Ba

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.332

**Widerstandsmessung bei hohen Frequenzen mit verlustlosen Vierpolen.** [Nach A. Egger u. H. H. Meinke: Funk u. Ton 4 (1950) S. 233; 6 S., 8 B.]

Widerstände in der Größenordnung 20 ... 300  $\Omega$  kann man bei Frequenzen bis herauf zu etwa 30 MHz mit einer Meßbrücke, oberhalb etwa 100 MHz mit einer Meßleitung (Lotos, Aurora u. a.), deren weitgehend frequenzunabhängiger Wellenwiderstand als Normalwiderstand dient, mit

großer Genauigkeit messen. In der Frequenzlücke 30 ... 100 MHz versagen beide Methoden. Da in diesem Bereich der UKW-Rundfunk und später der Fernseh-Rundfunk arbeiten sollen, kann das folgende Meßverfahren erhebliches und nicht nur wissenschaftliches Interesse beanspruchen: das Grundprinzip besteht darin, daß man an Stelle einer Meßleitung symmetrische, aus reinen Blindwiderständen aufgebaute Vierpole verwendet, die bekanntlich in ihrem Durchlaßbereich die gleichen Eigenschaften aufweisen wie eine verlustlose Meßleitung. Der entscheidende Vorteil einer „Vierpol-Meßleitung“ gegenüber einer normalen Meßleitung ist der sehr geringe und fast von der Frequenz unabhängige Raumbedarf, der namentlich bei niedrigeren Frequenzen ausschlaggebend ist. Die Meßanordnung (Bild 4) besteht aus zwei in Serie geschalteten, in jeder Hinsicht gleichen Vierpolen, die durch den zu messenden Widerstand  $R_1$  abgeschlossen werden, sowie drei Spannungsmessern für die Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$ . Aus diesen kann man zusammen mit den gegebenen Vierpol-Kenngrößen, dem Phasenmaß  $\alpha$  oder der durch  $\alpha = 2\pi l/\lambda$  definierten wirksamen Länge  $l/\lambda$  des Vierpols und dem Wellenwiderstand  $Z$  den Widerstand  $R_1$  bestimmen.

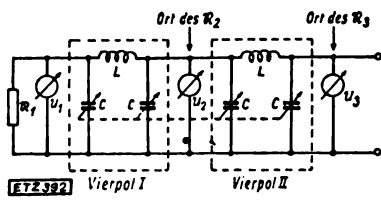


Bild 4. Aufbau der Meßanordnung.

Der Wellenwiderstand eines derartigen Vierpols ändert sich mit der Frequenz, wenn  $L$  und  $C$  konstant gehalten werden. Die in diesem Fall komplizierte Auswertung läßt sich dadurch vermeiden, daß man die Kapazitäten variabel macht und starr koppelt. Vierpole mit frequenzunabhängigem  $Z$ -Wert (Kreuzglieder, überbrückte  $T$ -Glieder) sind wegen ihrer Empfindlichkeit gegen Streukapazitäten hier kaum brauchbar. Ein Widerstand kann nun auf zweierlei Art gemessen werden.

1. Durch Einstellen der Vierpollänge. — Man gibt den Vierpolen des Bildes 4 eine solche Länge, daß am Ort der Spannung  $U_2$  ein reeller Widerstand  $R_2$  entsteht; der Widerstand  $R_3$  am Ort der Spannung  $U_3$  ist dann auf Grund der Transformationswirkung der Schaltung zum Widerstand  $R_1$  konjugiert komplex.  $U_1$  und  $U_3$  sind gleich groß.

2. Durch Konstanthalten der Vierpollänge für verschiedene Frequenzen. — Man stellt bei diesem Verfahren die Querkapazitäten für verschiedene Frequenzen so ein, daß das Phasenmaß der Vierpole, also ihre wirksame Länge, konstant bleibt. In diesem Falle ändert sich  $Z$  proportional mit der Frequenz und man erhält aus den bekannten Leitungsgleichungen zwei Gleichungen für das Verhältnis der zu messenden Spannungen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_3$ . Mit Hilfe dieser Bestimmungsgleichungen für  $R_1$  läßt sich dessen Wirk- und Blindkomponente ermitteln, am einfachsten mit graphischer Auswertung.

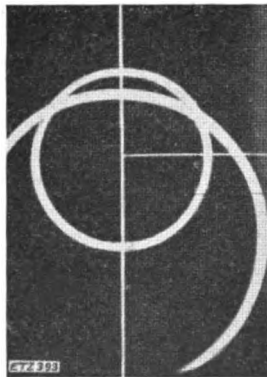


Bild 5. Anzeige auf dem Braunschen Rohr. Der Schnittpunkt der Kreise gibt direkt den gewünschten Leitwert an.

Bei einem von den Verfassern der Originalarbeit entwickelten Impedanzschreiber, der selbsttätig den jeweiligen Leitwert in der komplexen Leitwertebene als Schnittpunkt der beiden zu diesem gehörenden Diagrammkreise (Bild 5) auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre anzeigt, kann der gesuchte Leitwert auf einem aufgelegten Koordinatensystem sofort abgelesen werden.

Abschließend erscheint die Feststellung berechtigt, daß der Gedanke, Vierpolketten zu Impedanzmessungen im Bereich nicht allzu hoher Frequenzen heranzuziehen, der Hochfrequenzmeßtechnik zahlreiche neue Möglichkeiten eröffnet.

Fs

DK 621.317.7 : 621.385

Meß- und Prüfgeräte mit Elektronenröhren. [Nach E. Samal: Microtecn. 3 (1949) S. 174 u. 210; 15 S., 13 B.]

Mit Elektronenröhren arbeitende Meßgeräte haben noch nicht den hohen Entwicklungsstand erreicht, wie sie die ge-

bräuchlichen elektrischen Meßgeräte, insbesondere Zeigermeßgeräte und Zähler aufweisen. Meßgenauigkeit, Betriebssicherheit und Widerstandsfähigkeit gegen rauhere Behandlung lassen noch zu wünschen übrig. Der Aufsatz stellt die für alle mit Elektronenröhren arbeitenden Geräte gemeinsam geltenden Gesichtspunkte zusammen, die bei Planung, Entwicklung und Konstruktion beachtet werden müssen, falls auch dieser junge Zweig des elektrischen Meßgerätebaues Anschluß an die „klassische“ Meßtechnik gewinnen soll.

Der erste Abschnitt behandelt die Gesichtspunkte für die Wahl der Schaltung, die Selbstkontrolle von Meßgeräten, die Vermeidung störanfälliger Bauteile, Stabilisierungsmaßnahmen, um die Anzeige der Meßgeräte unabhängiger zu machen von Schwankungen der Speisespannungen, und Veränderung der Bauteilwerten, weiter die Berechnung der Schaltelemente und die Frage der Meßgenauigkeit.

Der zweite Abschnitt gibt konstruktive Richtlinien für den Gebrauch des Gerätes im praktischen Betrieb, allgemeine elektrische und magnetische Konstruktionsrichtlinien, insbesondere Fragen der elektrischen und magnetischen Abschirmung, weiter thermische Gesichtspunkte und die an Meßgeräte zu stellenden mechanischen Anforderungen.

Im dritten Abschnitt werden Betrachtungen über die Betriebssicherheit gebracht.

Vb

DK 621.317.42.907A

Ein schreibender Flußmesser hoher Genauigkeit. [Nach P. P. Cioffi: J. sci. Instrum. 27 (1950) S. 624; 5 S., 5 B.]

Das beschriebene Gerät arbeitet im Gegensatz zu den älteren nicht mit einer Lichtmarkenregistrierung, sondern benutzt einen Zweikoordinaten-Tintenschreiber. Die Feder wird über einen Integrator und entsprechende Verstärkung von der Flußdichte  $B$  gesteuert, während der Papiertransport mit der Feldstärke  $G$  gekoppelt ist. Ein Spannungsstoß an der Prüfpule  $P$  verstimmt über Galvanometer  $G$  und Lampe  $L$  die Photozellenbrücke  $B$  (Bild 6). Die entstehende Spannung wird über einen Verstärker  $V$  dem Kompensationstransformator  $K$  und weiter über den Ayrtonshunt  $A$  dem Schreiber zugeführt. Bei der Untersuchung von ringförmigen Proben kann zur Steuerung der  $H$ -Koordinate direkt ein Teil des magnetisierenden Stromes benutzt werden. Dagegen werden Stäbe zwischen den Polen eines Elektromagneten gemessen. Weil dann Strom- und Feldstärke nicht proportional sind, muß in diesem Falle  $H$  mit einem aufgesetzten „magnetischen Spannungsmesser“ festgestellt werden. Dazu ist allerdings ein zweiter Integrator erforderlich.

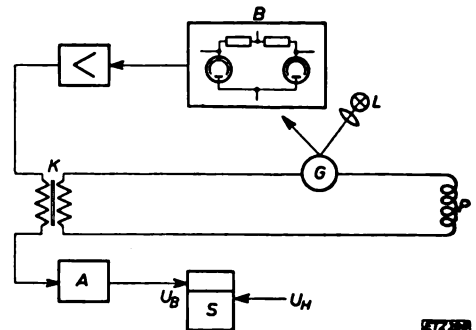


Bild 6. Blockschaltbild des registrierenden Flußmessers.

Die benutzen Integratoren nach Edgar<sup>1</sup> erinnern im wesentlichen an die üblichen ballistischen Galvanometer. Prüfpule und Galvanometer sind aber hier mit der Sekundärwicklung eines Transformators in Reihe geschaltet, dessen Primärwicklung über Photozellenbrücke und Verstärker vor der Stellung des Galvanometerlichtzeigers beeinflusst wird. Das Gerät ist als automatischer Kompensator geschaltet, so daß also jeder Spannungsstoß in der Prüfstelle durch eine entgegengesetzte gleichen, der von der Galvanometerableitung herrührt, kompensiert wird. Die beiden Spannungen

$$U_1 = \frac{dB}{dt} F n \text{ und } U_2 = \frac{dI}{dt} \gamma$$

sind gleich:  $\frac{dB}{dt} F n = \gamma \frac{dI}{dt}$ ,

so daß also  $B = KI \pm C$  ist.

<sup>1</sup> R. F. Edgar: Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 56 (1937) S. 805

Darin sind  $U_1$  und  $U_2$  die Spannungen an Prüfspule und Kompensationstransformator,  $F$  und  $n$  sind Fläche und Windungszahl der Prüfspule,  $\gamma$  eine Konstante, die vom Transformator herrührt, und  $K$  und  $C$  Integrationskonstanten. Der Primärstrom des Kompensationstransformators stellt also unmittelbar ein Maß für das Integral der aus der Prüfspule kommenden Spannungstöße dar. Das Gerät ist sehr anpassungsfähig und erlaubt, in  $1/4 \dots 5$  min geschlossene Hystereschleifen zu ermitteln. Der Fehler wird zu  $\pm 0,5\%$  in  $H$  und  $B$  angegeben. Eu

**Lichttechnik**

DK 621.326.721 : 537.525.5

**Thermionenbildung in gasgefüllten Glühlampen.** [Nach R. H. Clapp : Jllum. Engng. 45 (1950) S. 357; 5 1/2 S., 4 B.]

In gasgefüllten Wendeldrahtlampen kann sich gelegentlich eine Bogenentladung zwischen den Elektroden oder zwischen einzelnen Wendelabschnitten ausbilden; dann wird die Lampe unbrauchbar. Lampen mit einer solchen Tendenz zeigen meist auch erhöhte Strom- und Leistungsaufnahme (bis zu 5%) bei verminderter Lichtausbeute. Alle Möglichkeiten, die eine Ursache dieser Erscheinungen darstellen könnten, wurden untersucht: Gasdruck, Argon-Stickstoffmischungsverhältnis des Füllgases, Kristallstruktur des Drahtes, Gasunreinheiten, Drahtunreinheiten. Experimentell wurde nachgewiesen, daß nur die letzteren die entscheidende Ursache bilden.

Bringt man in der Nähe des Glühdrahtes eine Sauganode an, so kann man einen Elektronenemissionsstrom messen, der bei völlig gereinigtem Wolframdraht (unter gleichbleibenden elektrischen und thermischen Bedingungen) konstant ist: „Normalemission“. Ein verunreinigter Draht aber zeigt beim Einbrennen der Lampe einen mehrfach höheren Emissionsstrom: „Überschußemission“, die nach etwa 3stündiger Alterung auf die Normalemission zurückgeht, sofern nicht einsetzende Lichtbogenbildung dem Prozeß ein vorzeitiges Ende macht. Während des Einbrennens werden die Verunreinigungen aus dem Glühdraht ausgetrieben und zugleich werden sie thermisch isoliert. Die Thermionen tragen jedoch nicht unmittelbar zu dem hohen Überschuß-Emissionsstrom bei; dafür ist ihre Zahl zu klein und überdies ihre träge Masse zu groß. Die (positiven) Ionen lagern sich vielmehr am den Glühdraht und vermindern so die Wirkung der dort vorhandenen (von den Glühelktronen gebildeten) negativen Raumladung, die den Elektronenemissionsstrom begrenzt; der Elektronendurchtritt wird erleichtert und so mittelbar der Emissionsstrom vergrößert. (Hier bleibt die Frage offen, ob nicht auch negative Ionen mit der entgegengesetzten Wirkung auftreten. Die „Überschußemission“ könnte überdies auch noch anders erklärt werden; denn die Verunreinigung an sich wirkt bekanntlich bei Glühkathoden ohnehin schon elektronenaktivierend. D. Ber.)

Das den Glühdraht umhüllende Thermionenplasma der ausgetriebenen und ionisierten Fremdkörperteilchen schafft die Voraussetzung für das Eintreten einer Bogenentladung; unabhängig davon bildet es immer eine Art Nebenschluß und bewirkt so die Vergrößerung der Leistungsaufnahme. Gleichzeitig verursachen die ausgestoßenen Fremdkörper einen Temperaturrückgang am Glühdraht und so eine verminderte Lichtausbeute.

Man kann der Thermionenbildung und ihren Folgen zunächst dadurch begegnen, daß man den Glühdraht besonders chemisch reinigt. Darüber hinaus müssen Restbestände durch das sog. „Abblitzen“ ausgetrieben werden, indem man die Glühlampe kurzzeitig (einige Sekunden) an verminderter Spannung (etwa 70...90% der Nennspannung) ein- oder mehrmals aufleuchten läßt. Eine in solcher Weise vorbehandelte Lampe wird in der Regel keine störende Thermionenbildung mehr zeigen. RGW

**Elektrowärme**

DK 621.365.39 : 697.7

**Deckenstrahlungsheizung mit Heizkabeln.** [Nach H. Hofstetter : Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 670; 4 S.]

In einem Ladengeschäft in Basel wurde eine Deckenstrahlungsheizung unter dem Verputz eingebaut. Die Heizkabel wurden in Kupferrohre mit 12 mm Innendmr. eingebaut und diese im gegenseitigen Abstand von etwa 12 cm auf Isolierplatten (3 cm stark) befestigt. Eine Matte mit aufgesteppter Aluminiumfolie verhindert die Abstrahlung der

Wärme zum Fußboden des darüber liegenden Stockwerkes. Schlupfkästen an den Stirnenden der Decke bieten die Möglichkeit zum Einziehen der Heizkabel und zur Herstellung der Kabelverbindungen. Es wurde bei einer Heizkabellänge von 740 m eine Heizleistung von 14,4 kW installiert. Der Ladenraum hat eine Grundfläche von 135 m<sup>2</sup> und einen Rauminhalt von 378 m<sup>3</sup>. Nach Beobachtung der letztjährigen Heizperiode (212 Tage) ergibt sich ein Verbrauch von 39 kWh/m<sup>3</sup> oder ein Tagesmittelverbrauch von 70 kWh. Dabei wurde die Raumtemperatur durch Schaltuhr und Thermostat auf durchschnittlich 18 °C gehalten. Die Temperatur der beheizten Decke übersteigt an keiner Stelle 45 °C. Die Speisung der Heizkabel ist in 6 Gruppen symmetrisch auf das Drehstromnetz (380 V, 50 Hz) verteilt. Sm

DK 621.365 : 621.783.321.32

**Glühmuffeln aus dünnwandigem Edelstahlblech für Elektroöfen.** — Von den für die Aufnahme von Glühgut aller Art bestimmten Muffeln verlangt man eine hohe Zunderbeständigkeit bei genügend hoher mechanischer Festigkeit und großer Haltbarkeit. Nachteilig wirkt vielfach das hohe Gewicht dieser Glühmuffeln, Hauben u. dgl., das den Wärmeübergang erschwert und längere Glühdauern bei entsprechendem hohem Stromverbrauch bedingt. Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Ofenbetriebes läßt sich beträchtlich durch Muffeln von dünnwandigem Edelstahlblech steigern (Bild 7). Derartige Bleche besitzen eine Wanddicke von nur 3...4 mm

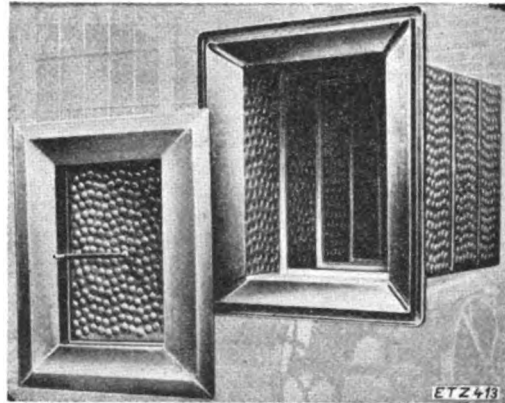


Bild 7. Glühmuffel aus dünnwandigem Edelstahlblech zum Einbau in Elektroöfen.

und damit von höchstens 1/10 der von Glühmuffeln aus Stahlguß. Preislich stellen sich die dünnwandigen Edelstahlmuffeln zwar höher als solche aus Stahlguß, sie halten aber auch länger und gewährleisten schnelleren Wärmedurchgang, kürzere Glühzeit und wesentlich niedrigeren Stromaufwand. Für größere Glühmuffeln, die trotz ihrer außergewöhnlichen Dünnwandigkeit doch mindestens ihr Eigengewicht und das Gewicht des Glühgutes zu tragen haben, kommen nur die austenitischen Stahlegierungen (das sind Chrom-Nickel-Stähle, Chrom-Nickel-Silizium-Stähle) in Betracht; ferritische Stähle sind zwar auch zunderbeständig, aber nicht genügend fest. Beim Aufbau der Muffeln haben sich Dehnungsfalten bewährt, die einerseits das Profil ohne jede Materialanhäufung wie eine Rippe versteifen und außerdem in Längsrichtung ein harmonikaartiges Arbeiten der Wandungen gestatten. In der Faltenbauweise wurden auch Glühkästen in sehr großen Abmessungen hergestellt, die durch ihre dünnen Wandstärken fördertechnische Vorteile im Vergleich zu den dickwandigen Glühgeräten aus Guß bieten. Kps

**Elektrische Antriebe**

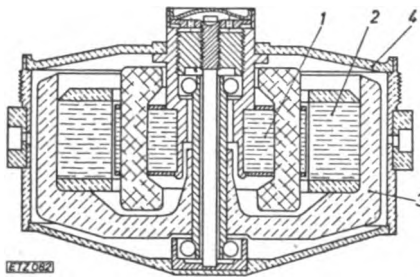
DK 621.313.3-9 : 538.74

**Motoren für schnelllaufende Kreisel.** [Nach G. P. de Westfelt : Electr. Engng. 69 (1950) S. 446; 5 S., 6 B.]

Für den Antrieb von Kreiseln werden heute in steigendem Maße an Stelle von Luft schnelllaufende kleine Elektromotoren verwendet. Die Versuche, zunächst mit Gleichstrom-Nebenschlußmotoren, scheiterten daran, daß die Stromwendung bei den verhältnismäßig hohen Umfangsgeschwindigkeiten des Stromwenders einen störungsfreien Betrieb auf

<sup>1</sup> Hersteller: Bertram Müller GmbH., Weidenau (Sieg).





1 innenliegender Ständer mit Wicklung  
 2 Blechpaket des außen liegenden Läufers mit Kurzschlußringen  
 3 umlaufendes Stahlgehäuse zur Aufnahme des Läufers  
 4 äußeres evakuiertes und luftdicht abgeschlossenes Gehäuse  
 Bild 8. Schnitt durch einen Drehstrommotor für 24 000 U/min als Antriebsmotor für einen Kreisell.

längere Zeit nicht zuließ und überdies nicht mehr beherrschbar war, wenn der Motor zur Verringerung der Reibungsverluste im Vakuum lief. In der Praxis haben sich nach Angaben des Verfassers zwei Systeme durchgesetzt: Für den Fall sehr genau konstanter Drehzahl werden Synchronmotoren verwendet, die asynchron anlaufen und deren Frequenz im Dauerbetrieb sorgfältig durch Quarze überwacht wird. In allen anderen Fällen genügen Asynchronmotoren, deren Schlupf klein ist, da sie lediglich die Reibungsverluste zu decken haben.

Der Verfasser weist auf einige Eigenheiten beim Entwurf und Aufbau des Motors hin, die gegenüber normalen Motoren besonders beachtet werden müssen. Von großer Bedeutung ist die Ausbildung des umlaufenden Teils, der bei möglichst großem Massenträgheitsmoment möglichst leicht sein soll. Der Läufer wird daher als Außenläufer ausgebildet. Die im Blech auftretenden Spannungen des Läuferkörpers nimmt ein Ring aus hochwertigem Stahl auf, in dem gleichzeitig die Lagerung angeordnet ist. Um die Reibungsverluste auf ein Minimum herabzusetzen, wird der Raum evakuiert, in welchem der Läufer arbeitet. Der Ständer mit seiner Wicklung steht still im Innern des Läufers. Bild 8 zeigt einen solchen Motor im Schnitt mit den wesentlichsten Einzelheiten.

Die Lagerung muß besonders sorgfältig ausgebildet werden, denn jede Kraft auf die Achse kann unerwünschte Präzessionsbewegungen hervorrufen. Daher werden die Kugellager mit Hilfe besonderer Justierschrauben spielfrei und doch fast reibungslos eingestellt. Als Schmiermittel werden Öle besonderer Zusammensetzung und geeignete Fette verwendet, die den extremen Bedingungen für diese Lager in jeder Hinsicht genügen. Bei Verwendung von Öl besteht die Gefahr, daß sich in dem evakuierten Innenraum Öldämpfe entwickeln, die bremsend auf den umlaufenden Teil wirken und damit die Stabilität des Kreisells herabsetzen.

Bei der elektrischen Auslegung sind Ständer- und Läuferzahl so zu wählen, daß Satteldrehmomente während des Hochlaufens sicher vermieden werden. Als günstige Kombination gibt der Verfasser für den vorliegenden Fall 18 Ständernuten und 24 Läufernuten an. Der Läufer ist als Tiefnutläufer mit geschlossenen Nuten ausgeführt. Im Gegensatz zu Normalmotoren sind die Läufernuten deshalb geschlossen, um die Oberwellenbildung klein zu halten und durch die Leitwertzahl des geschlossenen Nutstegs die Streuung und damit den Anlaufstrom zu beeinflussen. Die Ständerwicklung ist dreiphasig und muß sehr sorgfältig ausgelegt werden, da während der relativ langen Hochlaufzeit die Stromwärmeverluste sicher abgeführt werden müssen. Bei der Festlegung der Wicklung ist eine weitgehend sinusförmige Flußverteilung anzustreben, um die Ausbildung von Oberwellen zu verhindern. Die Induktion soll niedrig gehalten werden, etwa 9000 G als obere Grenze für hochlegierte Bleche, um auch auf diese Weise bei den kleinen Luftspalten dem Auftreten von Oberwellen entgegenzuwirken. Der Luftspalt beträgt etwa 0,2 mm bei einem Bohrungsdurchmesser von 54 mm. Die Drehmomentenkurve zeigt den bei Tiefnutläufern bekannten Verlauf mit relativ hohem Anzugmoment und nahezu konstantem Wert über den gesamten Drehzahlbereich bis zum Kippmoment. Da der Motor auch bei extremen Bedingungen, bei sehr tiefen Temperaturen und verminderter Spannung mit Sicherheit anlaufen muß, ist der Verlauf des Drehmoments sorgfältig vorzubestimmen.

Die Mehrzahl der heute in Amerika ausgeführten Motoren arbeitet mit etwa 24 000 U/min. Eine weitere Erhöhung

der Drehzahl wird angestrebt, erfordert jedoch noch eingehende Entwicklungsarbeit auf den Gebieten der Schmierung und der Wärmeabfuhr.

Fernmeldetechnik

DK 621.396.615.1

Frequenz- und Amplitudenkonstanz des kathodengekoppelten Oszillators. [Nach P. G. Sulzer: Proc. Inst. Radio Engrs. 38 (1950) S. 540; 2 S.]

Die Schaltung des kathodengekoppelten Oszillators zeigt Bild 9. Die Arbeit untersucht rechnerisch und experimentell die Stabilität dieses Oszillators gegenüber Schwankungen der Anodenspannung. Der Oszillator besteht aus einem Schwingkreis, der an einen Röhrenkreis angekoppelt ist. Dieser aus zwei kathodengekoppelten Röhren bestehende Kreis stellt einen negativen Widerstand dar. Es

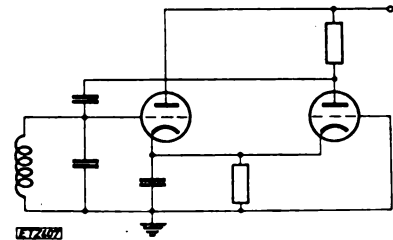


Bild 9. Kathodengekoppelter Oszillator.

handelt sich um einen ähnlichen Kreis wie beim kathodengekoppelten Multivibrator. Die Differentialgleichung der Schwingung lautet für diesen Oszillator:

$$\frac{d^2 U}{dt^2} + \frac{1}{c} \frac{d}{dt} \left( \frac{U}{R_c} + \frac{U}{R'(v)} \right) + \frac{1}{LC} U = 0.$$

Dabei ist  $U$  die Spannung am Schwingkreis,  $R_c$  ist der zum Schwingkreis parallelliegende Verlustwiderstand,  $R'(v)$  der von der Röhrenschaltung dargestellte negative Widerstand. Da durch eine nichtlineare Kennlinie des negativen Widerstandes für eine Begrenzung der Schwingung gesorgt werden muß, um stabile Verhältnisse zu erhalten, ist das Problem natürlich nichtlinear.

Die  $U$ - $I$ -Kennlinie der als negativer Widerstand wirkenden Röhrenschaltung läßt sich durch die Reihe  $I = -\alpha U + \beta U^3 - \gamma U^5 \pm \dots$  darstellen. Eine Näherung für  $R'(v)$  erhält man, indem man setzt:

$$R'(v) = \frac{U}{I} = -\frac{1}{\alpha - \beta U^2}.$$

Hier sind  $\alpha$  und  $\beta$  Koeffizienten, die aus den Röhrendaten hervorgehen und am besten experimentell aus einer Aufnahme der Kennlinie des negativen Widerstandes zu erhalten sind. Die  $U$ - $I$ -Kennlinie der Zweiröhrenschaltung des Bildes 9 hat ungefähr die Form einer Periode einer Sinusfunktion.

Setzt man den Näherungswert für  $R'(v)$  in die Differentialgleichung ein, so erhält man schließlich für die Spannung am Schwingkreis

$$U = 2 \sqrt{\frac{\alpha - 1/R_c}{3\beta}} \sin \left[ 1 - \frac{L}{16C} \left( \alpha - \frac{1}{R_c} \right)^2 \right] \frac{1}{\sqrt{LC}} t.$$

Die Frequenzstabilität kann aus dem Verhalten des Faktors  $F$ , der im Argument der Sinusfunktion steht, studiert werden:

$$F = 1 - \frac{L}{16C} \left( \alpha - 1/R_c \right)^2.$$

Der Faktor  $\alpha$  hängt, wie schon erwähnt, von den Konstanten der beiden Röhren ab, hat also einen Einfluß auf die Frequenzstabilität. Bildet man die Ableitung

$$\frac{dF}{d\alpha} = \frac{L}{8C} \left( \alpha - 1/R_c \right),$$

so sieht man, daß diese für  $\alpha = 1/R_c$  verschwindet.

Unabhängig von Röhrendaten und damit von Speisungserreichung kann also, wenn der lineare Summand des negativen Widerstandes, der ja durch  $1/\alpha$  dargestellt wird, gerade dem Verlustwiderstand  $R_c$  das Gleichgewicht hält, Frequenzkonstanz.



Der andere Faktor im Ausdruck für  $F$  enthält das Verhältnis  $L/C$ . Wenn  $dF/da$  ein Minimum werden soll, muß  $C$  groß im Verhältnis zu  $L$  sein, eine altbekannte Regel zur Konstruktion von Kreisen großer Frequenzstabilität. Wenn die Güte  $Q$  des Kreises verändert werden kann, so hat man wegen  $1/R_c = (1/Q) \cdot \sqrt{C/L}$  noch die Möglichkeit,  $a$  mit  $1/R_c$  auszuwiegen.

Die experimentelle Prüfung des Oszillatorkreises ergab, daß die Amplitude der Hochfrequenzschwingung mit der Anodenspannung fast linear ansteigt. Die Steigung beträgt etwa 1 V HF-Spannung auf 40 V Anodenspannung bei einer Amplitude von 6 V und einer Anodenspannung von 300 V. Die Frequenzkonstanz läßt sich durch geeignete Wahl des Kathodenblocks  $C_k$  bedeutend verbessern und auf  $\Delta f/f = 1 \cdot 10^{-4}$  bei 50 V Anodenspannungsschwankung bringen. Diese Tatsache ist leider in der Arbeit theoretisch nicht erfaßt.

Mc

DK 621.385.16.027.64

**Ein neuer Breitband-Hochfrequenzoszillator.** [Nach O. Heil u. J. J. Ebers: Proc. Inst. Radio Engrs. 38 (1950) S. 645; 5 S.]

Eine neue Laufzeitröhre, welche im Grunde eine Barkhausenröhre (Bremsfeldröhre) ist, wird beschrieben. Sie besitzt im Gegensatz zu den alten Modellen von Barkhausen-Schwingröhren eine elektronenoptisch berechnete Elektronenquelle und einen Schwinghohlraum. Die Röhre hat nur einen kleinen Wirkungsgrad. So lieferte eine der untersuchten Röhren bei einer Betriebsspannung von 1100 V eine HF-Ausgangsleistung von 1 W, wobei eine Gleichstrom-Eingangsleistung von 84 W benötigt wurde. Die Stärke dieser Röhre liegt jedoch in dem Umstand, daß sie über einen für dieses Wellenlängengebiet äußerst weiten Bereich „ziehbar“ ist, d. h. bei jeder Wellenlänge dieses Bereiches schwingt. Eine dieser Röhren überstreicht beispielsweise den Wellenlängerenbereich 4,2...12 cm, wobei die Ausgangsleistung sich von 0,1 bis 1 W ändert. Dieses breite kontinuierliche Frequenzband läßt sich mit den üblichen Magnetrons und Klystrons nicht erzielen. Nur das „Nullschlitzmagnetron“ nach Rice zeigt ähnliche Eigenschaften, ist jedoch in der Abstimmung schwierig zu handhaben.

Die Elektronenquelle wurde von O. Heil schon vor einiger Zeit für Hochleistungsklystrons entwickelt. Sie gestattet die Erzeugung besonders hoher Stromdichten, die gegenüber den normalen ebenen Anordnungen um den Faktor 230 vergrößert sind. Der Kathodenstrom beträgt bei 600 V Anodenspannung 140 mA, die gesamte Kathodenfläche 4,65 cm<sup>2</sup> und die maximale Emissionsstromdichte der Kathode 40 mA/cm<sup>2</sup>.

Die Kathode hat die Form eines flachen Rotationsellipsoids mit einem Achsenverhältnis 1:3. Die Fläche emittiert nach innen. Der übrige Aufbau der neuen Bremsfeldröhre ähnelt dem eines Klystrons. An die Stelle der beim Reflexklystron üblichen hohlspiegelförmigen Reflexelektrode tritt eine röhrenförmige Elektrode, die ebenfalls als Reflexelektrode bezeichnet wird. Sie hat den Vorteil, die Energie gut zuzuführen und jede Sekundäremission zu unterdrücken. — Die Röhre wird durch Verschieben der röhrenförmigen Reflexelektrode abgestimmt. Die Bewegung wird über einen vakuumdichten Metallbalg von außen auf die Elektrode übertragen. Die größte Auslenkung beträgt 2,5 mm.

Die neue Röhre ersetzt eine Reihe von Röhren und ist besonders für cm-Wellen-Meßsender von großem Wert. Auch für die Durchmessung von Breitbandantennen mit Hilfe eines Breitbandsenders und als Überlagerungoszillator für Breitbandempfänger dürfte sie sich bewähren.

Die Verfasser glauben, den Schwingbereich der Röhre auf  $15 \cdot 10^9$  Hz (Wellenlänge 2 cm) ausdehnen zu können.

Mc

DK 681.819 : 534.121.3 : 621.395.61

**Elektrisches Glockengeläut.** — Das Wernerwerk für Radioelektronik der S. & H. AG. entwickelte ein elektrisches Glockengeläut, bei dem der Klang durch eine schwingende Metallmasse erzeugt, auf elektrischem Wege verstärkt wird und so wirkt, als wenn eine große Glocke klingt. Bronzestäbe von bestimmten Legierungen erwiesen sich als die besten Klanggeber. Die mechanischen Schwingungen werden in elektrische umgewandelt und können zu beliebiger Stärke bei hoher Reinheit des Tones gesteigert werden. Durch die neue Anordnung wird das eigenartige langsame An- und Aus-

schwingen der Glocke im Klangbild ebenfalls ausgedrückt. Das Geläute kann beliebig zusammengestellt werden und hat allgemein 4 Glockentöne. Außerdem läßt sich die Lautstärke und ihre Schrittgeschwindigkeit verändern. Auch für Theater, Lichtspielhäuser und viele andere Räume kann das Glockengeläut angewendet und die zugehörige Schalteinrichtung als Tastatur unmittelbar im Orchester aufgestellt werden. Man kann dann über 10 verschiedene Glocken im Orchester ohne Schwierigkeiten verwenden, was bisher wegen zu hoher Kosten unmöglich war.

Die ganze Einrichtung mit Verstärker ist als Zentrale in einem Rahmengestell eingebaut und hat jeweils ein viertimmiges Geläute. Jede Glocke besteht aus 2 Bronzestäben, von denen das eine Ende jedes Glockenstabes durch Verschraubung mit dem Stabfuß fest verbunden ist, während das andere Ende frei im Felde einer Magnetspule schwingt und Induktionsströme erzeugt. Durch elektromagnetische Klöppel werden die Stäbe angeschlagen. Der Leistungsverstärker liegt im Stromkreis der Magnetspulen; an diesen Kreis sind die Lautsprecher angeschlossen. Durch eine selbsttätige Schalteinrichtung wird das Geläute in Betrieb gesetzt. Die Geschwindigkeit des Anschlages kann nach Wunsch eingestellt werden.

ts

### Theoretische Elektrotechnik

DK 538.551:25

**Magnetische Kippkreise.** [Nach A. N. Wang: Proc. Inst. Radio Engrs. 38 (1950) S. 626; 3 S.]

Eisenkerne aus einem Material mit praktisch rechteckiger Hysteresiskurve können zur Konstruktion von Kippkreisen verwendet werden. An die Stelle des bei den elektrischen Kippkreisen verwendeten Stromes tritt hier der magnetische Fluß im ferromagnetischen Stoff. Ähnlich wie ein elektronischer Kippkreis zwei stabile Gleichgewichtslagen besitzt und durch Einwirkung elektrischer Energie (z. B. unter dem Einfluß von Spannungsimpulsen) von einer Gleichgewichtslage in die zweite umkippt, so hat der magnetische Kippkreis ebenso zwei stabile Gleichgewichtslagen. Sie liegen bei zwei gleichen, im Vorzeichen aber entgegengesetzten magnetischen Flüssen, bzw. zwei Werten des remanenten Magnetismus. In der Darstellung der Hysteresisschleife liegen diese Punkte dort, wo die Ordinate die Hysteresisschleife schneidet. Durch negative und positive Impulse der magnetischen Feldstärke  $H$  wird der magnetische Kippkreis von einer Lage in die andere gebracht, d. h. der Wert der magnetischen Induktion springt von der positiven Gleichgewichtslage in die negative oder umgekehrt. Die dazu notwendigen magnetischen Feldstärken werden von einer Magnetwicklung erzeugt, durch die ein Stromimpuls geschickt wird.

Für das Arbeiten der magnetischen Kippkreise ist die Bestimmung der Polarität des magnetischen Flusses oder des remanenten Magnetismus wichtig. Bei den sogenannten „statischen“ Anwendungen des Kippkreises, z. B. bei Rechenmaschinen, die nach dem binären Zahlensystem arbeiten, muß es möglich sein, zu erkennen, ob eine 0 oder eine 1 im Kippkreis gespeichert ist. Eine Methode zur Bestimmung der Polarität besteht in der Anwendung einer großen magnetischen Feldstärke von bestimmter Richtung, die kurze Zeit auf den Kreis einwirkt. Der Eisenkern trägt Wicklungen für

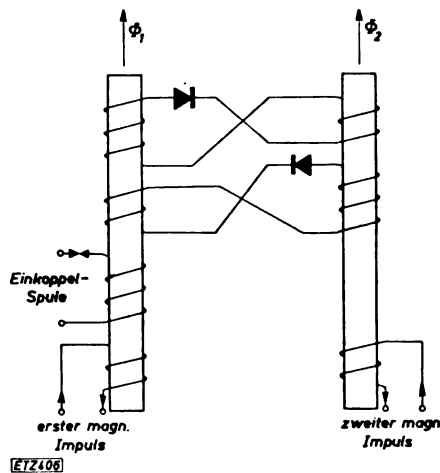


Bild 10. Magnetischer Kippkreis.

die Erzeugung der magnetischen Feldstärke und Induktionswicklungen, die einen Spannungsstoß liefern, sobald sich der magnetische Fluß rasch ändert.

Wird z. B. ein starker Impuls der magnetischen Feldstärke in negativer Richtung angelegt, so wird in der Sekundärspule (Induktionsspule) eine hohe Spannung induziert, wenn die ursprüngliche Richtung des remanenten Magnetismus die der positiven Ordinate war. Eine kleine Induktionsspannung gibt an, daß der ursprüngliche Gleichgewichtszustand des remanenten Magnetismus dem negativen Schnittpunkt der Ordinate mit der Hysteresisschleife entsprach.

Diese einfache Anordnung ist im Prinzip bereits ein magnetischer Kippkreis, arbeitet aber nur in bestimmten Grenzen stabil. Eine verbesserte Schaltung eines magnetischen Kippkreises wird beschrieben, die unter allen Bedingungen stabil arbeitet, aber zusätzliche Wicklungen und zwei Gleichrichter benötigt (siehe Bild 10). Die Gleichrichter sorgen dafür, daß beim ersten Magnetisierungsimpuls der obere Kreis arbeitet und beim zweiten Impuls der untere Kreis. Dieser Kippkreis wurde in der Praxis geprüft und es wurde gefunden, daß er den zuletzt eingepprägten Zustand über fast unbegrenzte Zeit behält. Der Kreis ist also für die Verwendung in Rechengerten und Zählgeräten geeignet. Die Kipp- oder Zählfrequenz kann bis zu 50 kHz gesteigert werden, was einer Zeit von 20  $\mu$ s für den Zählvorgang entspricht.

Eine zweite Schaltung eines magnetischen Kippkreises wird beschrieben, die nur einen Eisenkern benutzt. Dieser Kippkreis arbeitet ähnlich wie ein elektronischer Sperrschwinger, liefert aber nur eine hohe Induktionsspannung an der Ausgangswicklung, wenn der magnetisierende Impuls eine bestimmte Polarität besitzt. Ist die Polarität entgegengesetzt, so entsteht kein Spannungsimpuls in der Sekundärspule.

Magnetische Kippkreise können für bestimmte Aufgaben an Stelle der üblichen elektronischen Kippkreise und Sperrkreise eingesetzt werden. Mc

## Physik

DK 538.11

**Magnetische Punktpole.** [Nach A. M. Dirac: Phys. Rev. 74 (1948) S. 817; ref. von F. L. Bauer: Phys. Bl. 6 (1950) S. 257; 4 $\frac{1}{2}$  S., 1 B.]

Die Experimentalphysik hat in neuerer Zeit den Nachweis der Existenz einer Reihe von geladenen oder neutralen Elementarteilchen (Neutron, Meson u. a. m.) neben der des Elektrons und Positrons erbracht. Keines dieser Elementarteilchen ist aber Träger eines magnetischen Pols. Dirac weist nun in einer sehr beachtenswerten theoretischen Arbeit, über die F. L. Bauer berichtet, darauf hin, daß die Quantelung der Elektrizität, eine der fundamentalsten Tatsachen der Physik, die Existenz von Magnetpol-Elementarteilchen erfordert. Existieren neben den Elementarladungen, die die Quellen des elektrischen Kraftflusses sind, auch magnetische Punktpole, die als echte Quellen des magnetischen Kraftflusses zu betrachten sind, so werden die Maxwell'schen Feldgleichungen symmetrisch. Die Quantelung führt dann zu dem Ergebnis, daß das Wirkungsintegral periodisch mit  $4\pi e$  wird, wo  $g$  die Polstärke eines Polteilchens und  $e$  die elektrische Ladung ist:  $4\pi e = n h$ . Das Wirkungsquantum  $h$  hat die Dimension [Ws<sup>2</sup>] und die Ladung  $e$  die Dimension [As], so daß die dimensionsmäßige Ergänzung der Ladung  $e$  nur ein Magnetpol der Dimension [Vs] sein kann. Die Quantelung der Elektrodynamik führt so neben der Existenz einer Elementarladung  $e_0$  auch zu der einer elementaren Polstärke  $g_0$ . Es ist  $e_0 g_0 = h/4\pi$  und, da  $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$  As und  $h = 6,621 \cdot 10^{-34}$  Ws<sup>2</sup> ist, so ergibt sich  $g_0 = 3,29 \cdot 10^{-6}$  Vs. In Gauß'schen Einheiten ist die Elementarladung (137,04/2)mal größer als die Elementarladung; zwei Elementarpole ziehen sich deshalb (137,04/2)<sup>2</sup>mal stärker an als zwei Elementarladungen in der gleichen Entfernung. Es ist also zu erwarten, daß die Paarerzeugung von Polen unvergleichlich viel mehr Energie erfordert als die eines Elektron-Positron-Paares. Da diese Energien an der Grenze dessen liegen, was heute im Bereich des Möglichen ist, so ist es begreiflich, daß bisher getrennte Elementarpole noch nicht betrachtet werden konnten<sup>1</sup>.

A. Gehrtz †

<sup>1</sup> Bei den Versuchen von Ehrenhaft [ETZ 71 (1950) S. 581 u. 566] ist die verwendete Energie so niedrig, daß nach Diracs Theorie Polteilchen nicht auftreten können.

DK 538.11

**Über die Struktur der ferromagnetischen Elementarbereiche.** [Nach L. W. McKeehan: Phys. Rev. 79 (1950) S. 739.]

Das Kennzeichen des Ferromagnetismus, der Elementarbereich, in dem alle Atommomente gleichgerichtet sind, ist kristallographisch gesehen nicht einheitlich, wie McKeehan jetzt gezeigt hat, und besteht im allgemeinen aus mehreren Kristallen. Dabei können die Grenzschichten der Elementarbereiche, die sogenannten „Wände“, in denen die Magnetisierungsrichtung zum Nachbarbereich stetig übergeht, Korngrenzen sein, sie können aber auch durch „Fehlstellen“ innerhalb des Kristalls verlaufen. Diese Heterogenität der Elementarbereiche hat zur Folge, daß die als „Barkhausen-effekt“ bekannten Verschiebungen der Wände unter dem Einfluß äußerer Magnetfelder in mehreren Schritten verlaufen, da die Verschiebungen an den Fehlstellen und Korngrenzen getrennt oder aufgehalten werden und zum Weiterstreiten erst eine höhere Energiezufuhr benötigen. McKeehan schlägt den Namen „ferromagnetischer Block“ vor zur Kennzeichnung der Mikrogebiete, in denen eine einmal in Bewegung gesetzte Wand kein Hindernis findet; der Name lehnt sich an die bekannte Mosaik- oder Blockstruktur reiner Kristalle an. Ein Elementarbereich besteht demnach aus mehreren Blöcken. Die Größe dieser Blöcke ist oft irrtümlich als Größe der Elementarbereiche z. B. aus den Messungen des Barkhausen-Effektes bestimmt worden. Bei Einführung der klaren McKeehanschen Bezeichnungswiese sind die Unterschiede in den angeblichen Bestimmungen der Größe der Elementarbereiche nach verschiedenen Methoden zu beseitigen. Fbch

DK 621.383.4 : 621.384.4

**Cadmiumsulfid-Empfänger für Röntgenlicht.** [Nach R. Friedrichs: J. appl. Phys. 21 (1950) S. 312; 6 S., 5 B., 3 Taf.]

Bei der Belichtung mit Röntgenstrahlen zeigen synthetische CdS-Kristalle eine beträchtliche Photoleitfähigkeit. Die vorliegende Arbeit dient dem Vergleich zwischen diesen Empfängern, die seit 1946 vom Verfasser entwickelt worden sind, und den Kombinationen aus Leuchtschirm und Photozelle, die seit 1936 als Empfänger verwendet werden. Die letztere Empfängertypen konnte von anderen Autoren durch die Verwendung einer Photozelle mit Sekundäremissionsvervielfacher in den letzten Jahren bedeutend verbessert werden.

Im Photozellen-Leuchtschirmempfänger werden die einfallenden Röntgenquanten zunächst in langsame Elektronen umgesetzt. Diese gelangen in das Leitfähigkeitsband, rekombinieren mit den aktivierenden Verunreinigungen und bringen so den Leuchtstoff zum Leuchten. Ein Teil der ausstrahlenden Lichtquanten fällt auf die Photokathode und produziert wiederum einige langsame Elektronen. Diese werden beschleunigt und in dem Sekundärvervielfacher rd. 10mal verstärkt. Der aus dem Sekundärvervielfacher austretende Strom wird gemessen. Beim Kristallempfänger werden von den Röntgenquanten ebenfalls langsame Elektronen freigesetzt und ins Leitfähigkeitsband gehoben. Im Gegensatz zum umständlichen Weg über Lichtemission, Photoeffekt und Sekundäremissionsverstärkung besorgt aber hier der Kristall die notwendige Verstärkung selbst.

Der Verfasser vergleicht zunächst die Gleichstromempfindlichkeit zweier Empfänger der beiden Typen. Dabei weist sich auf die gleiche Fängerfläche von  $\frac{1}{2}$  mm<sup>2</sup> bezogen der Kristallempfänger um rund eine Größenordnung überlegen. Für die Absorption von Röntgenlicht in CdS-Kristallen werden aus der Massenabsorptionsregel berechnete und experimentell gestützte Werte angegeben. Es wird empfohlen, den bandförmigen CdS-Kristall von  $0,2 \times 0,3 \times 1,5$  mm bei kurzwelligem Röntgenlicht hochkant zu benutzen, um die Schichtdicke zu vergrößern und die Fläche klein zu halten. Der Dunkelstrom des benutzten Kristalls lag bei 280 V liegender Gleichspannung noch unter  $10^{-8}$  A gegenüber  $10^{-7}$  A bei dem verwendeten Photozellen-Leuchtschirmempfänger. Der Verfasser hält es für möglich, durch die Verwendung besser angepaßter Leuchtschirme und durch eine sammelnde Optik die Empfindlichkeit des Leuchtschirmempfängers noch etwas zu bessern. Andererseits kann die Treibspannung am Kristall noch beträchtlich gesteigert werden, ohne der Dunkelstrom ebenso groß wird wie bei dem Photozellenempfänger.

Bis etwa 100 r/min<sup>1</sup> arbeitet der Kristallempfänger proportional zum einfallenden Röntgenlicht, darüber macht

<sup>1</sup> 1 r = 1 Röntgen: Einheit der Strahlungsdosis, gemessen an der Ionisierungsfähigkeit.

sich Sättigungserscheinungen bemerkbar. Mit abnehmender Wellenlänge nimmt die Empfindlichkeit des Kristallempfängers ab, genaue Angaben werden nicht gemacht. Für 60 Hz kann der Kristallempfänger als (ebenso) trägheitsfrei gelten wie der Leuchtschirm-Photovervielfacher.

Beide Empfängertypen sind mit Ermüdungs- und Trägheitserscheinungen behaftet. Während der Leuchtschirmvervielfacher Ermüdungseffekte zeigt, bei längerer Benutzung also abnehmenden Strom hergibt, steigt beim Kristallempfänger der Strom noch nach 11 h langsam an. Der Verfasser hofft, diese Trägheitserscheinungen durch geeignete Zusätze zum CdS vermeiden zu können. Eu

## Werkstatt und Baustoffe

DK 546.601 : 621.3

**Vom Gallium und seinen elektrotechnischen Einsatzmöglichkeiten.** — In neuerer Zeit hat man sich in verschiedenen Laboratorien erneut der Gewinnung von Gallium zugewandt [1], woraus verschiedentlich der Schluß gezogen wird, daß ähnlich wie beim Titan Aussicht und Absicht besteht, auch dieses Element in erhöhtem Maße technisch nutzbar zu machen. Nun liegen allerdings hierbei die Verhältnisse insofern ganz anders, als beim Gallium infolge seines niedrigen Schmelzpunktes von rd. 30 °C die werkstofftechnische Einsatzmöglichkeit verhältnismäßig beschränkt erscheint, außerdem im Gegensatz zu dem recht häufigen [2] Titan als Gallium mit zu den seltensten Elementen gehört, deren Häufigkeit in der Erdkruste auf weniger als 10<sup>-6</sup> % veranschlagt wird [3]. Direkte Gallium-Mineralien sind nicht bekannt, es begleitet in mancherlei Silikaten [4] in geringsten Mengen das Aluminium, dem es chemisch auch am nächsten steht, und kommt als Verunreinigung in Eisenerzen (z. B. im Toneisenstein von Yorkshire, im Roheisen von Middelsborough u. a. [5]), vor allem aber in vielen Zinkblenden und anderen Zinkerzen und sonstigen Mineralien vor, in denen es auch erstmalig 1875 von Lecoq de Boisbandran spektroanalytisch entdeckt wurde. Aus den Destillationsrückständen bei der Zinkgewinnung, in denen sich Gallium wegen seiner gegenüber Zink wesentlich geringeren Flüchtigkeit anreichert, wird es auch industriell gewonnen und bisher praktisch ausschließlich an Stelle von Quecksilber als Thermometerfüllung bei Thermometern für hohe Temperaturen (700 ... 1000 °C) verwendet.

Während chemisch das Gallium dem Aluminium nahesteht und wie dieses an der Luft recht beständig ist (erst bei beginnender Rotglut oxydiert es oberflächlich), ähnelt es in seinen metallkundlichen Eigenschaften (Farbe, Kristallstruktur, Sprödigkeit) sehr dem Zink. Da es bereits bei 29,5 °C schmilzt [6] und außerdem wegen seiner leichten Unterkühlbarkeit bis zu 0 °C herab oft längere Zeit flüssig gehalten werden kann [5], so liegen andererseits seine technischen Verwendungsmöglichkeiten naturgemäß in der gleichen Richtung wie beim Quecksilber. So ermöglicht es durch seinen hohen Siedepunkt [6] von 2064 °C den Bau von Thermometern auch für Temperaturen von über 700 °C bis zu etwa 900 °C und darüber. In der Zahntechnik wiederum scheinen bestimmte Galliumlegierungen geeignet, zu einem vollwertigen Ersatz für die bisherigen Amalgamfüllungen zu werden, wobei die Ungiftigkeit des Galliums [1] vorteilhaft ist. Hinderlich dürfte bis jetzt freilich sein hoher Preis sein. Der Betrag vor dem Krieg etwa 10 RM für 1 g. Ob es gelingen wird, durch verbesserte und verbilligte Fertigungsverfahren den Preis jemals so weit zu senken, daß es auch wirtschaftlich ernsthaft mit dem Quecksilber konkurrieren kann, erscheint im höchsten Grade fraglich, allein schon im Hinblick auf das äußerst geringe und nicht in eigenen Mineralentwicklungen angereicherte Vorkommen des Galliums in der Gesteinsrinde.

Auch in der Elektrotechnik erscheint das Gallium in erster Linie geeignet, das Quecksilber zu ersetzen, z. B. in Unterbrechern, Gleichrichtern u. dgl. Vorteilhaft ist hierbei, daß sein Widerstand noch geringer [6] als der des Quecksilbers ist, und daß der hohe Siedepunkt eine beträchtlich höhere Belastung zuließe. Da die Ionisierungsspannung des Galliums verhältnismäßig niedrig ist [6], so hat man außerdem vorgeschlagen [1], Gallium und seine Verbindungen als Emissionsstoffe in Elektronenröhren zu verwenden, einmal die Emission schon bei sehr niedrigen Temperaturen einsetzen soll. Auch für Lichtröhren, photoelektrische Zellen u. ä. könnte das Gallium angewendet werden, sofern es in ausreichendem Maße und preiswert zur Verfügung stünde.

## Schrifttum

- [1] Gallium aktuell? Techn. Rdsch. 42 (1950) Nr. 41, S. 4.
- [2] W. M. H. Schulze: Das Titan und seine Verbindungen in der Elektrotechnik. ETZ 72 (1951) S. 51.
- [3] W. J. Vernadsky: Geochemie. Akadem. Verlagsges., Leipzig 1930.
- [4] Smitts-D'Ans: Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie. G. Braun, Karlsruhe 1948.
- [5] Richter-Klinger: Lehrbuch der anorgan. Chemie. Cohen, Bonn 1914.
- [6] D'Ans-Lax: Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Springer 1943.

W. M. H. Schulze

## Verschiedenes

DK 601.142

**Eine programmgesteuerte elektrische Rechenmaschine.** [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950); S. 607; 2 S., 3 B.]

Eine Großrechenmaschine, die in ihren Grundlagen während des letzten Krieges von dem deutschen Dipl.-Ing. K. Zuse entwickelt wurde, ist in verbesserter Form von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich erworben und dort aufgestellt worden. Bei diesem Rechengertät handelt es sich im Gegensatz zu den amerikanischen Riesemaschinen, die meist auf elektronischer Grundlage arbeiten, um ein elektromechanisches Gerät, das aus 2200 Telephonrelais und 21 Schrittschaltern aufgebaut ist. Die Maschine benutzt innerlich das Dualsystem, also ein Zahlensystem, das auf den Potenzen von 2 statt auf denen von 10 basiert, nimmt aber die Befehle in dekadischer Form entgegen und gibt ihre Resultate in der gleichen Form auf einer elektrischen Schreibmaschine oder auf einem Lochstreifen ab. Sie rechnet mit sieben Dezimalstellen, wobei das Komma beliebig verschoben werden kann, und gibt im Gegensatz zu den einfachen Rechenmaschinen ihre Ergebnisse mit der Kommastellung an. Ihr „mechanisches Gedächtnis“ gestattet ihr, 64 Zahlen als Zwischenresultate zu speichern und auf Befehl wieder in die laufende Rechnung einzuführen<sup>1</sup>.

Die ganze Anlage umfaßt ein Kommandopult, einen Schrank für den Speicher, mehrere Relaischränke und eine Umformergruppe. Da es sich um ein elektromechanisches Gerät handelt, arbeitet die Maschine „langsam“ und braucht für eine Multiplikation etwa 2,5 s, während elektronische Rechenmaschinen über 100 Multiplikationen in der Sekunde ausführen können. Das Rechentempo ist aber ohne allzu große Bedeutung, da die Vorbereitung eines Problems durch den Mathematiker meist sehr viel länger dauert, als die Maschine zur Ausführung braucht, und allzu hohe Rechengeschwindigkeiten nur selten unter ganz bestimmten Umständen ausgenutzt werden können.

Als programmgesteuertes Rechengertät erlaubt die Maschine dem Mathematiker, ihr ein von ihm aufgestelltes Programm anzuweisen, nach dem sie bestimmte Operationen in bestimmter Reihenfolge ausführt. Das Programm wird mit einem Planfertigungsgerät niedergeschrieben, das im Kommandopult eingebaut ist. Dieses Gerät stanz einen der gewünschten Operationsfolge entsprechenden Lochstreifen (Filmstreifen), wobei jeder Befehl durch Loche oder Nichtloche von acht Feldern festgelegt wird, so daß insgesamt 2<sup>8</sup> = 256 Befehle unterschieden werden können. Durch Blinklicht gibt die Maschine dem Mathematiker an, daß sie die Rechnung beendet hat und zu neuen Taten bereit ist. Bei einer Vorführung zeigte die Maschine die absolut selbständige Errechnung einer Sinustafel auf sechs Kommastellen genau. Das Programm, das die Berechnung des Sinus nach einem Kettenbruch für ganze Winkel von Bogengrad zu Bogengrad steuerte, war durch Zusammenkleben von Anfang und Ende zu einem endlosen Band geworden und enthielt am Ende der Operationsfolge den Befehl, die Variable um 1 zu erhöhen. Demgemäß begann die Maschine automatisch nach Abschluß einer Teilrechnung sofort die nächste und schrieb die ganze Sinustabelle von sich aus völlig selbständig nacheinander auf.

Das hier geschilderte Gerät ist die einzige fertige programmgesteuerte Rechenmaschine auf dem Kontinent; nur in Schweden gibt es noch ein ähnliches Gerät. Die Großrechenmaschinen haben in jüngster Zeit bei der Tabellierung von Funktionen und ähnlichen Aufgaben, wie sie die mathematische Praxis erfordert, eine außerordentliche Bedeutung gewonnen. Mit solchen Geräten kann eine Rechnung in Ta-

<sup>1</sup> Über das Dualsystem als Grundlage für Rechenmaschinen und über die amerikanischen Großmaschinen wird demnächst in der ETZ ausführlicher berichtet werden.

gen oder Stunden ausgeführt werden, die sonst mit menschlichen Hirnen Jahrzehnte in Anspruch nehmen würde. Die Entwicklung derartiger Rechenmaschinen ist in Europa gegenüber Amerika zurückgeblieben, und dem Ausbau und der Anwendung solcher Geräte erwächst in Zukunft noch ein weites Feld.

Gf

DK 621.312 (46)

**Fortschritte der spanischen Elektroindustrie.** — Bei der Ablehnung von Einfuhranträgen durch die maßgeblichen spanischen Importkontrollbehörden spricht die nationale Fertigung der entsprechenden Ware eine entscheidende Rolle. Jahr für Jahr nehmen in Spanien Firmen die Erzeugung neuer Geräte und Maschinen auf, die bisher eingeführt werden mußten. Auch in der Elektroindustrie ist Spanien weitgehend selbständig geworden; durch die 1950 erreichte Erweiterung der General Eléctrica Española werden die Leistungs- und Spannungsgrenzen der Herstellung weiter nach oben rücken. In das Fabrikationsprogramm dieses Unternehmens werden nun u. a. neu aufgenommen: Vertikal- und horizontalachsige Maschinen bis zu 10 und 30 MW in einer Einheit, Transformatoren bis zu 50 MW, Hochspannungs-Leistungsschalter bis 69 kV. Die spanische Babcock & Wilcox hat kürzlich die Erweiterungserlaubnis für ihre Fertigungsanlagen beantragt, um als erstes Unternehmen Spaniens mit der Herstellung von Turbinen zu beginnen. Da im Raume Bilbao wichtige Betriebe der spanischen Schwerindustrie konzentriert sind und die Antragstellerin auf dem Gebiete der Wärmekraftanlagen auch in Spanien über langjährige Erfahrung verfügt, sind alle Vorbedingungen für die erfolgreiche Durchführung dieser Neufabrikation gegeben. Wie im Antrag aufgeführt wurde, soll die jährliche Kapazität in achtstündiger Arbeitszeit 25 MW an Gas- und 50 MW an Dampfturbinen erreichen. Es dürfte jedoch nach Auffassung des Berichters keine Schwierigkeiten bereiten, diese Werte wesentlich zu überschreiten, ohne daß die Fabrikanlagen voll ausgelastet sind. Hervorgehoben sei auch die geplante Herstellung elektrischer Lokomotiven (Alsthom) bis zu den höchsten für den Betrieb der spanischen Staatsbahn notwendigen Leistungen. Bislang wurde der elektrische Teil dieser Maschinen eingeführt und lediglich der mechanische Teil in spanischen Fabriken gebaut.

Die Erzeugung von Meßwandlern für Betriebsspannung bis zu 138 kV ist in verschiedenen anderen Elektrobetrieben des Landes angelaufen. Ferner sind Lizenzverhandlungen im Gange, um in Spanien einige Erzeugnisse der schweizerischen Firma Sprecher & Schuh herzustellen.

Für die ausländische Elektroindustrie vermindern die hier kurz gestreiften Fortschritte nicht unwesentlich die Aussichten im spanischen Geschäft. Nach Aufnahme der neuen Fabrikationen wird eine beachtliche Reihe von Geräten und Maschinen unter den Schutz einheimischer Erzeugung fallen und grundsätzlich nicht mehr aus dem Ausland eingeführt werden dürfen.

Lth

DK 413.164 : 621.3

**„Die Elt“?** (Nach G. Gremminger: Muttersprache 1950, H. 6, S. 371; 1,5 S.)

G. Gremminger möchte das Wortungetüm „Elektrizität“ beseitigen; diesen Wunsch an sich wird mancher teilen. Frühere völlige Neubildungen sind von der Fachwelt mit Recht abgelehnt worden; in geringem Umfang benutzt sie aber selbst das Kurzwort „Elt“. Untersucht man dieses Wort auf seine allgemeine Brauchbarkeit, so zeigt sich, daß es ganz gut geeignet wäre: Es umfaßt die ganze Wortsippe, ist kurz und aus dem einzudeutschenden Wort entstanden. Der Wortbau entspricht dem anderer deutscher Wörter (Welt) und das Wort könnte als Stammsilbe auch in fremde Sprachen übergehen. Statt Elektrizität würde man also sagen „die Elt“. Die Wortsippe würde z. B. folgende Wörter enthalten: Eltwerk, Eltlok, eltisch (elektrisch), elten (elektrisieren), verelten (elektrifizieren). An Stelle von Elektrode könnte Eltrode treten, Eltron für Elektron, weiter würden gebildet Eltrolyse, Dieltkonstante usw.

Wr

### Kurznachrichten

**Technische Messe Hannover 1951.** — Die Technische Messe, die vom 29. 4. bis 8. 5. stattfindet, wird mit 144 000 m<sup>2</sup> überdachter Fläche einen Zuwachs von rd. 100% gegenüber der-

jenigen des Vorjahres aufweisen. Das Freigelände wuchs gleichfalls, und zwar um 33% gegenüber dem Vorjahr auf 40 000 m<sup>2</sup> im Jahre 1951 an. In der Gruppe Elektroindustrie stellen in diesem Jahre 650 Aussteller auf insgesamt 28 800 m<sup>2</sup> aus und belegen damit rd. 20% der verfügbaren überdachten Fläche des Messegeländes. Allein 12 800 m<sup>2</sup> entfallen auf die von der Gruppe ganz belegte neu erbaute Halle 9 (Europa-Halle), die größte Stahlbauhalle des Kontinents. Dazu treten die Hallen 10, 11 und 12. — Zur Messerscheint H. 9 der ETZ als Sonderheft. Der VDE und der VDE Verlag haben in Halle 9 die Stände 109 und 109a.

R

**Pariser Kongreß „Fortschritt in Wissenschaft und Technik“.** — Vom 21. bis 27. Mai 1951 soll in Paris ein Kongreß stattfinden, der sich u. a. mit Fragen der Forschung und ihrer praktischen Anwendung, mit der Wechselwirkung zwischen einzelnen Industriezweigen, Strukturveränderungen der Wirtschaft und dem internationalen Konkurrenzkampf befassen soll. Auch spezielle technische Fragen werden erörtert werden, z. B.: Energiewirtschaft, Elektronik, Metalloberfläche, Schwingungen, Kernphysik in der Industrie, Dokumentation. Die Teilnehmer können anschließend das „Festival of Britain“ in London besuchen und französische Betriebe besichtigen. Teilnahmeerklärungen deutscher Interessenten sind an die deutsche Verbindungsstelle zur „Association pour l'Utilisation et la Diffusion de la Documentation“ zu richten: Dr. Kurt G. Wagner, (22c) Kürten b. Köln, Forsten 2.

of

**„Institut für naturwissenschaftliche Berufsfachlehrgänge“.** — In Lübeck-Schlutup ist vor einiger Zeit eine Ausbildungsstätte für technische Assistenten und Assistentinnen für Physik entstanden, die von Dr. habil. H. H a r m s geleitet wird. In 5 Semestern werden den Studierenden die physikalischen, chemischen, mathematischen und technischen Kenntnissvermittelt, die sie für den Assistentenberuf brauchen. Zur praktischen Schulung sind Laboratorien vorhanden, außerdem dient ein Teil der Ferien der praktischen Arbeit in der Industrie. — Auch die Elektroindustrie wird die Absolventen dieser Anstalt vorteilhaft bei sich verwenden können.

nk

**Zweite Glasschmelzwanne bei Osram.** — Das Maschinenbaugewerk der Firma Osram in Berlin-Siemensstadt hat eine zweite Schmelzwanne für rd. 180 t Glas wieder in Betrieb genommen, an die 3 Ivanhoe-Kolbenblasmaschinen (je mit einer Monatsleistung von 1,8 Mio. Kolben für Glühbirnen) und ein Danner-Röhrenzug für Leuchtstofflampen angeschlossen werden sollen.

Hz

**Zum Problem der Wünschelrute.** — Außer anderen deutschen Ländern hat auch der Württemberg-Badische Landtag darauf hingewiesen<sup>1</sup>, daß Angaben von Wünschelrutengängern sich häufig als falsch erwiesen haben. Dadurch wurden Wasserquellen oft erst verzögert erschlossen und die Gemeinden hatten Fehlausgaben zu tragen. Zukünftig sollen im Falle eines Mißerfolgs keine Staatsbeiträge mehr zu solchen Bauten von Wasserversorgungsanlagen gegenüber werden, wenn Angaben von Wünschelrutengängern nicht geologisch-technisch überprüft worden sind.

R

**Besserer Empfang in Nordbaden.** — Durch die Verstärkung des AFN-Senders Heidelberg von 200 W auf 1 kW können Geradeempfänger im Heidelberger Raum den Sender Mühlacker teilweise nicht mehr ohne Störungen empfangen. Um die Trennschärfe zu erhöhen, empfiehlt der Süddeutsche Rundfunk den Betroffenen, nur eine sehr kurze Antenne zu verwenden oder vorhandene Antennen durch Vorschalten eines Kondensators von 10 ... 50 pF zu verkürzen.

R

**Der 100. FM-Polizeifunkwagen in Westberlin.** — Im Zuge des weiteren Ausbaues des Berliner Polizei-Funknetzes hat die Polizei das 100. Fahrzeug mit den neuesten funktionsfähigen Geräten ausgerüstet. Damit gehört Berlin schon jetzt zu den europäischen Hauptstädten mit dem am weitesten ausgebauten Polizeifunknetz.

H

<sup>1</sup> Gas- u. Wasserfach 91 (1950) S. 215.

# VERSCHIEDENES

## VDE

### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
 Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

### Bekanntmachungen

#### Außer Kraftsetzung von VDE 0210 U

Die Kommission „Starkstromfreileitungen“ hatte in der ETZ 71 (1950) S. 601 mitgeteilt, daß beabsichtigt sei, VDE 0210 U „Übergangsvorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen“<sup>1</sup> zum nächstmöglichen Zeitpunkt außer Kraft setzen zu lassen. Die hiergegen eingegangenen Einsprüche sind von der Kommission ordnungsgemäß behandelt, aber nicht gebilligt worden. Der Vorstand des VDE hat daher VDE 0210 U ab 1. Mai 1951 für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
 Der Generalsekretär  
 Lauster

#### Kommission für

#### Errichtungsvorschriften I unter 1000 V.

Der Arbeitsausschuß 0100-7 „Elektrozäune“ der Kommission hat unter Vorsitz von Dr.-Ing. Schneider nachstehende Entwürfe ausgearbeitet:

1. VDE 0131/... 51 „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Elektrozäunen“, Entwurf 1,
2. VDE 0667/... 51 „Vorschriften für Elektrozäun-Geräte für Netzanschluß“, Entwurf 2.

Es ist beabsichtigt, beide Vorschriften zum 1. Oktober 1951 in Kraft setzen zu lassen. Die Entwürfe können von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand für DM 0,60 bzw. DM 2,— bezogen werden<sup>2</sup>.

Einsprüche gegen diese Entwürfe können bis zum 15. Mai 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende  
 Stormanns  
 VDE-Vorschriftenstelle  
 Jacottet

#### FNK\*-VDE-Arbeitsausschuß „Schichtpreßstoffe“

#### Typisierung von Schichtpreßstoff-Erzeugnissen aus Hartpapier und Hartgewebe

##### Zum Erscheinen der Typentafel DIN 7735

Im Jahre 1924 wurde eine Klassifizierung der damals wichtigsten Preßmassen durchgeführt, die später unter Erweiterung der technischen Anforderungen und unter Hinzunahme weiterer Ausführungen in eine Typisierung umgewandelt wurde, vgl. die Typentafel DIN 7708 sowie VDE 0320 (DIN 57320), Regeln für Formpreßstoffe. Auf Grund einer Vereinbarung zwischen der „Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe (TV)“ mit dem Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem (MPA) wurde eine amtliche Überwachung der Typeneigenschaften der Erzeugnisse eingeführt. Das auf den Preßmassenverpackungen bzw. auf den Preßteilen angebrachte amtliche Überwachungszeichen läßt den Typ und aus einer Kennziffer den jeweiligen Hersteller erkennen. Diese Typisierung und Überwachung der Preßmassen und Formpreßstoffe hat sich für den technischen Einsatz dieser Werkstoffgruppe günstig ausgewirkt.

<sup>1</sup> Früher als Behelfs(B)-Vorschriften und davor als Kriegs(K)-Vorschriften bezeichnet. Für die B- und K-Vorschriften gilt das Gleiche wie für die U-Vorschriften.

<sup>2</sup> Es wird gebeten, diesen Betrag in Briefmarken der Bestellung beizufügen oder die Bestellung mit der Überweisung des Betrages auf das Postscheckkonto des VDE, Köln Nr. 2197, zu verbinden.

\* Fachnormenausschuß Kunststoffe im DNA.

Etwa zur gleichen Zeit, als die Preßmassen klassifiziert wurden, wurde auch eine Klassifizierung eines Teiles der unter der Sammelbezeichnung „Schichtpreßstoffe“ bekannten Hartpapiere und Hartgewebe, und zwar der Ausführung in Tafelform eingeführt. Die einzuhaltenden Werte wurden in einer Eigenschaftstafel in den „Regeln für Hartpapier und Hartgewebe“ VDE 0318 (DIN 57318) festgelegt.

Um Fehleinsätze zu erschweren und damit den Verbrauchern eine größere Sicherheit bei der Verwendung von Schichtpreßstoffen zu geben, wurde die bisherige Eigenschaftstafel in eine Typentafel<sup>1</sup> umgearbeitet, die anlässlich einer Sitzung eines gemeinsamen Arbeitsausschusses Schichtpreßstoffe (Obmann Dr. E. Wandenberg) des Fachnormenausschusses Kunststoffe und des VDE am 20. 10. 1950 in München als Normblatt DIN 7735<sup>2</sup> verabschiedet wurde. Die Typen werden nach der Zusammensetzung, der Lieferform (Tafel, gewickeltes und nicht formgepreßtes

Tafel 1. Schema für die Typbezeichnung der Schichtpreßstoffe

2	1. Kennziffer	Schichtpreßstoffe		
0	2. Kennziffer	Preßstoffe	mit Phenolharz	
1			mit Harnstoffharz	
3			mit sonstigen Kondensationsprodukten	
9			mit Naturharz	
6	3. Kennziffer	Hartpapier Hartgewebe	aus Zellulosepapier	
7			Gewebe aus Glasfaser	
8			Gewebe aus Naturfaser	
9			Gewebe aus Kunstfaser	
0	4. Kennziffer	Harzgehalt	klein	bei plattenförmigen Körpern
1			normal	
2			groß	
5			klein	bei Rundrohren nicht formgepreßt
6			normal	
7			groß	
8			normal	bei formgepreßten Körpern
9			groß	
1			Gewebestärke	
2	fein fädig			
3	feinst fädig			
4	grob fädig	bei Rundrohren nicht formgepreßt		
5	fein fädig			
6	feinst fädig			
7	grob fädig	bei formgepreßten Körpern		
8	fein fädig			
9	feinst fädig			
0	5. Kennziffer	keine besonderen Eigenschaften („0“ kann fortgelassen werden)		
1		geringe Schwindung		
2		stanzbar, besonders elastisch und plastisch		
3		mechanisch hochwertig		
4		thermisch hochwertig		
5		elektrisch hochwertig		
6		hygroskopisch hochwertig		
7		chemisch hochwertig		
8		besonders für Tropen geeignet		
9	sonstige zu vereinbarende hochwertige Eigenschaften			

Beispiel: 2 0 8 2 5

- 1 Kennziffer Schichtpreßstoffe
- 2 Kennziffer Imprägnierharze
- 3 Kennziffer Harzträgerstoff
- 4 Kennziffer Harzgehalt bzw. Gewebestärke
- 5 Kennziffer Eigenschaften

<sup>1</sup> Veröffentlichung des Entwurfes DIN 7735 mit Erläuterungen in Zeitschrift Kunststoffe 40 (1950) S. 139/141.

<sup>2</sup> zu beziehen durch Beuth-Vertrieb, Berlin W 15, Umlandstr. 175, oder Köln, Friesenplatz 16.

Rundrohr, formgepreßtes Rohr, Umpressung, Vollstab, Flachleiste, Formstück) und den Eigenschaften unterschieden. Für eine Übergangszeit werden neben den neuen Typbezeichnungen, die die Erzeugnisse feiner differenzieren als die bisherigen Klassenbezeichnungen, die bisherigen Klassenbezeichnungen noch weiter angegeben.

Für die Bezeichnung der einzelnen Typen wurde das gleiche Schema zugrundegelegt, wie es seinerzeit für die Preßmassen und Formpreßstoffe auf Grund internationaler Besprechungen von Prof. Dr.-Ing. R. Nitsche ausgearbeitet wurde\* und seinen Niederschlag in DIN 7708 gefunden hat. Das ursprüngliche Schema wurde an einigen hierfür vorgesehenen freien Stellen für Sonderzwecke ergänzt, siehe Tafel 1. In der Bezeichnung in Stücklisten und Zeichnungen wird vor die Typnummer nach Tafel 1 das Kurzzeichen Hp für Hartpapier und Hgw für Hartgewebe gesetzt, z. B. Hp 2061 DIN 7735 und Hgw 2084 DIN 7735. Entsprechend werden auch die Werkstoffangaben in den Normblättern DIN 40605 und 40606 für Tafeln und Streifen aus Hartpapier und Hartgewebe bei einem Neudruck dieser Normblätter geändert werden.

Tafel 2. Firmenkennziffern der Hersteller von Schichtpreßstoffen\*\*

Herstellereirma	Firmen-Kennziffer
Allgemeine Elektrizitäts-Ges. (1) Berlin	28
Bisterfeld & Stolling, (22a) Radevormwald/Rhld.	70
Robert Bosch GmbH., (14a) Stuttgart	55
Brown, Boveri & Cie. AG., Abt. Isolierstoffe, (16) Groß-Umstadt/Odenwald	32
Dielektra AG., (22c) Porz am Rhein, Kaiserstraße 127	L 4
Dynamit AG., vorm. Alfred Nobel & Co. (22c) Troisdorf Bezirk Köln	43
Elektro-Isolier-Industrie Wilhelm Ruppert, (22c) Wahn/Rhld.	19
Ferrozell-Gesellschaft, Sachs & Co., (13b) Augsburg 2	14
Isola Werke AG., (22c) Birkesdorf bei Düren/Rhld.	40
New-York-Hamburger Gummi-Waren Compagnie, (24a) Hamburg 33, Hufnerstraße 30	21
Siemens-Schuckertwerke AG., Gerätewerk (GWS) (1) Berlin-Siemensstadt	34

In den nach Tafel 1 zusammengesetzten Typzeichen kommen nicht nur die Eigenschaften, sondern auch die Rezeptur der Schichtpreßstoffe zum Ausdruck. Das besagt nicht, daß bei Fortschritten in der Herstellung und bei einer zukünftigen Abwandlung der Herstellungsrezeptur das Typzeichen geändert wird. In solchen Fällen ist nur wesentlich, daß die für den Typ festgelegten Eigenschaften des Schichtpreßstoffes eingehalten werden. Erst wenn die Eigenschaften anders werden, muß entweder ein neuer Typ geschaffen oder es müssen die Eigenschaftswerte eines bestehenbleibenden Typs geändert werden.

Die Typentafel DIN 7735 enthält, wie auch die bisherige Eigenschaftstafel in VDE 0318 (DIN 57318), der Vollständigkeit wegen noch Hartgewebe auf Zellwollbasis, obwohl Baumwolle wieder zur Verfügung steht und bei Erzeugnissen auf Zellwollbasis die Eigenschaften inbezug auf Hitzebeständigkeit, Quellbeständigkeit und Verschleißfestigkeit ungünstiger sind als bei solchen auf Baumwollbasis. Gegenüber VDE 0318 (DIN 57318) sind neu aufgenommen Schichtpreßstoffe auf Basis von Harnstoffharz und Zellulosepapier sowie solche auf Basis Phenolharz und Baumwoll- oder Zellwoll-Feinstgewebe (im Hartgewebe gekennzeichnet durch mehr als 8 Gewebelagen je mm Dicke). Für die Zukunft ist die Aufnahme weiterer Typen wie z. B. Hartgewebe auf Asbest- und Glasfasergewebebasis sowie von Erzeugnissen mit anderen Harzen, wie z. B. Silikon, beabsichtigt.

Die in DIN 7735 festgelegten Eigenschaftswerte entsprechen im übrigen denen der bisherigen Eigenschaftstafel in VDE 0318 (DIN 57318).

In einer Sitzung in Niederbreisig am 24. 10. 1950 des Zentralverbandes der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) verpflichteten sich die in diesem Verband zusammengefaßten Erzeuger von Schichtpreßstoffen, ihre Erzeugnisse nach DIN 7735 zu typisieren und durch Aufdruck mit elektrisch neutraler Farbe mit dem Typzeichen und einem Firmenkennzeichen zu versehen, soweit der Aufdruck vom Abnehmer gewünscht wird. Die Firma kann entweder durch den Firmennamen, durch das Firmenkennzeichen oder durch die Firmenkennziffer bezeichnet werden.

Für Erzeuger von Schichtpreßstoffen, die gleichzeitig auch Erzeuger von Preßmassen und Formpreßstoffen sind, wurden die gleichen Firmenkennziffern wie für Preßmassen und Formpreßstoffe beibehalten. Wenn eine Firma Schichtpreßstoffe an einem anderen Ort als die Preßmassen oder Formpreßstoffe fertigt, kann der Herstellungsort durch einen Buchstaben zur Firmenkennziffer bezeichnet werden. Den Firmen, die nur Schichtpreßstoffe fertigen, wurden bisher freie Ziffern zugeteilt. Aus der Größe der Kennziffer sind keine Schlüsse auf die Größe, den Termin der Zuteilung oder sonstige Einzelheiten der Erzeugerfirmen zu ziehen. Tafel 2 gibt einen Überblick über die Firmenkennziffern für die Hersteller von Schichtpreßstoffen nach dem derzeitigen Stand.

Die „Regeln für Hartpapier und Hartgewebe“ VDE 0318 (DIN 57318) werden noch DIN 7735 angepaßt und demnächst in überarbeiteter Fassung neu herausgegeben werden.

E. Wandenberg, G. Ehlers

### SITZUNGSKALENDER

- Berlin: EV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33
- 20. 4. 51, 18.15, Gr. Physiksaal d. TU.: „Aus dem deutschen Kraftwerksbau“, Dipl.-Ing. H. R. Pink, Berlin.
- Biberach a. d. Riß: ETV Württemberg, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 12
- 23. 4. 51: „Das Verhalten des Starkstrom-Kondensators im Netz“, Dipl.-Ing. Borritz.
- Erlangen: ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30
- 20. 4. 51, 19.30, Gr. Hörsaal im Physikal. Institut, Erlangen: „Verfahren

\* Kunststoffe 33 (1943) S. 78/79 und ETZ 64 (1943) S. 26/27.  
 \*\* Die Technische Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V., Darmstadt, hat diesen Kennziffern mit Schreiben vom 9. 1. 1951 zugestimmt.  
 \* Die Kennziffern für die Firmen aus der DDR werden noch gesondert bekanntgegeben.

- und Geräte der Funkmeß-(Radar-)Technik“, Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhaagen, Wuppertal.
- Fretburg: ETV Südbaden, Freib. i. Br., Günterstalstr. 19
- 27. 4. 51: „Der Hochleistungsschalter in Übertragungsanlagen für Industrie- und öffentliche Werke“, Dir. Westerhoff.
- Gießen: ETG Frankfurt a. M.
- 5. 4. 51, 19.30, Amerikahaus, Gießen: „Der Drehstrommotor und die richtige Auswahl“, Obering. Kippers.
- Hamburg: VDE-Bezirk Hansa, Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz
- 19. 4. 51, 17.00, Vortragssaal d. Museums f. Völkerkde.: „Möglichkeiten und Grenzen der Rundfunktechnik“, Obering. Peters, Hamburg.
- Hannover: ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70
- 10. 4. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Lichtbogen- und Widerstandsschaltmaschinen“, Dipl.-Ing. Hassler, Heidelberg.
- 24. 4. 51, Zeit und Ort wie vor: „Bau einer 300 kV-Fernleitung im Oberrhein“, Dir. Dr. Dahl, Baden (Schweiz).
- Kiel: VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6
- 17. 4. 51, 17.00, Landesbrandkasse: „Überspannungen und Überspannungsschutz in Hochspannungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung atmosphärischer Überspannungen“, Dr. Rabus.
- Köln: VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5
- 13. 4. 51, 17.30, Staatl. Masch.-Bauschule Ubiering 48: „Koronaverfahren bei Wechselspannung“, Dr. Potthoff, Stuttgart.
- 27. 4. 51, Zeit und Ort wie vor: „Fernsprechwahlbetrieb in England“, Mr. J. Meade, Köln.
- München: ETV München, Blumenstr. 28
- 12. 4. 51, 17.30, Vortragssaal 2 d. Dt. Museums: „Moderne Hochspannungsschalter“, Prok. Zühlke.
- 26. 4. 51, Zeit u. Ort wie vor: „Die Infrarot-Strahlung und ihre industrielle Anwendung“, Dipl.-Ing. W. v. Berlepsch-Valentini, Basel.
- Nürnberg: ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30
- 10. 4. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Die Lösung von Regelaufgaben mittels Stromrichter und Elektronenröhren“, Dr. Förster, Berlin.
- Sollingen: VDE-Bezirk Bergisch-Land, Stützpunkt Solingen, Weyerstr. 20
- 4. 51, 20.00, August Dicke-Schule, Schützenstr.: „Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Tonaufzeichnung unter besonderer Berücksichtigung des Magnetton-Verfahrens“, Dr.-Ing. H. Scheppmann, Hamburg.
- Ulm: ETV Württemberg, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 12
- 24. 4. 51: „Hochspannungs-Leistungsschalter in der Industrie und Elektrizitätswirtschaft“, Dir. Westerhoff.
- Wuppertal: VDE-Bezirk Bergisch-Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 10
- 4. 51, 20.00, Vortragssaal der Stadtbühnei: „Der Vorstoß in den Weltraum“, Dipl.-Ing. R. Nebel.

### PERSONLICHES

**J. Hess †.** — Nach kurzer schwerer Krankheit verstarb Dr.-Ing. e. h. Johannes Hess, seit 1916 Direktor der Gesellschaft für Elektrotechnische Industrie Dr. Alexander Wacker, München, die er aufgebaut und zu ihrer heutigen Bedeutung geführt hat. Der 1877 geborene Schweizer studierte am Technikum in Winterthur und entwickelte anschließend bei der Elektrizitäts AG., Nürnberg (vormals Schuckert & Co.), elektrotechnische Verfahren. Dann war der Verstorbene Betriebsleiter eines Karbidwerkes, anschließend technischer Direktor der Bosnischen Elektrizitäts AG. in Wien; dort projektierte er einige Wasserkraftanlagen, darunter die erste deutsche Anlage für eine chemische Fabrik. 1923 verlieh ihm die T.H. München wegen besonderer Verdienste um die Entwicklung der Azetylenchemie die Würde eines Dr.-Ing. e. h.

**H. Nehlsen †.** — Am 29. 10. 50 verstarb in New York der Beratende Ingenieur Hermann Nehlsen. In langjähriger Tätigkeit bei der AEG als Leiter der Berechnungs-Abt. für Drehstrom-Kollektormaschinen und als Techn. Direktor der Chefelektriker der Schorch-Werke hat er die Erfahrungsgesamtheit, die ihn zu seiner späteren Tätigkeit als Beratender Ingenieur für elektrische Antriebe in Hütten- und Walzwerksanlagen befähigten. Hier hat der Verstorbene Berater namhafter Walzwerksfirmen und Hüttenwerksfruchtbringende Arbeiten geleistet, die noch auf viele Jahre hinaus für die Anwendung der Elektrizität richtungsgewiss sein werden. Nach dem Zusammenbruch siedelte er in die USA über. Sein Wunsch, wieder im Vaterlande wirken zu können, ist nicht mehr in Erfüllung gegangen. Fachliche Wissen und Können waren bei H. Nehlsen gepaart mit menschlicher Güte und Bescheidenheit, so daß die, die ihn näher kannten, in ihm einen guten Freund verloren haben. H. Anthes

**Ferdinand Porsche †.** — Der am 29. Jan. verstorbene Prof. Dr.-Ing. e. h. Ferdinand Porsche ist als Automobil-Konstrukteur, besonders des Volkswagens, weltbekannt geworden. E. v. Kurzel-Runtschweiner, der Historiker der österreichischen Technik, erinnert in der „Wiener Zeitung“ vom 3. 2. d. J. jetzt daran, daß Porsche vom elektrischen Fahrzeug ausging. Seine Praxis hatte Porsche, nachdem er 1893 die Reichenberger Gewerbeschule verlassen hatte, in der elektrotechnischen Werkstatt von P. Egger in Wien absolviert. Hier lernte er den bedeutendsten Wagen-



## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.313.045 (023.2)

**Fachkunde für Elektromaschinenbauer.** Von A. Naumann u. H. Haaren. (Bd. 206 d. Ser. „Fachbuch f. elektrotechn. Berufe“). Mit 104 S., 122 B., Format DIN A 5. Verlag Gebrüder Jänecke, Hannover. Preis geb. DM 4,—.

Das Buch ist von Praktikern für die Praxis der Ankerwickelerei geschrieben und enthält viele wertvolle Winke und Hinweise für die Reparatur und das Umwickeln von Drehstrommotoren und Transformatoren. Die Gleichstrommaschinen treten daneben stark zurück. Um Raum zu sparen, wird auf jede Theorie verzichtet. Aus dem gleichen Grunde wird zum Verständnis notwendiger Grundbegriffe der Elektrotechnik und der Wirkungsweise elektrotechnischer Maschinen auf ein anderes Heft der gleichen Buchreihe verwiesen. Das Buch ist in erster Linie für den Berufsschüler geschrieben, dem es beim Studium ein wertvoller Helfer sein kann. Für ein Selbststudium ist es wegen der knappen Fassung weniger geeignet.

Es wäre zu empfehlen, den Begriff des Wickelschrittes bei Gleichstrommaschinen genauer zu erörtern. Auch die gebräuchliche und klare Unterteilung in Schleifen- und Wellenwicklung vermißt man an dieser Stelle ungen.

H. Rengier

DK 621.313.1.045.1 (023.2)

**Berechnungsbuch des Elektromaschinenbauer-Handwerkers (Ankerwicklers).** Von Fritz Raskop. 6. verm. u. verbess. Aufl. Mit 170 S., 21 B., 36 Taf., Format 14×21 cm. Technischer Verlag Herbert Cram, Berlin 1950. Preis Glw. DM 9,80.

Das vorliegende Buch, welches bereits als 6. überarbeitete und ergänzte Auflage erscheint, wendet sich vor allem an den Kreis der Reparaturfachleute und Ankerwickler. Die hohe Auflagenzahl beweist eigentlich schon zur Genüge seinen Wert als Buch für den Praktiker. In übersichtlicher Weise werden die einzelnen Wicklungsarten für Gleich- und Drehstrommaschinen behandelt. Von besonderem Wert für die Instandsetzungsfachleute, aber auch für das Berechnungsbüro ist die große Anzahl von Beispielen ausgeführter Maschinen mit genauer Typen- und Herstellerangabe, so daß das Buch auch als Nachschlagewerk verwendet werden kann. Außer den Maschinenwicklungen behandelt der Verfasser noch Transformatoren, Anlasser und Regelwiderstände sowie die Prüfung der Maschinen. Eine Anzahl wertvoller Tabellen lassen das Buch auch für den Berechnungsingenieur empfehlenswert erscheinen. Druck und Ausstattung sind gut; ein Schrifttumverzeichnis fehlt leider.

O. E. Pöllot

DK 621.791.755 (023.2)

**Das Lichtbogenschweißen.** Von Dr.-Ing. Ernst Kloss. (H. 43 der Werkstattbücher für Betriebsbeamte, Konstrukteure und Facharbeiter.) 4., neubearb. Aufl. Mit 66 S., 178 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis geh. DM 3,60.

Das Büchlein, das 1931 in erster Auflage erschien und nunmehr in 4. Auflage herausgekommen ist, gibt der Art der Werkstattbücher entsprechend in kurzer, gemeinverständlicher Form einen Überblick über die Lichtbogenschweißung. Nach allgemeinen Ausführungen über die Werkstoffe, ihre Schweißbarkeit und die elektrotechnischen Grundlagen sind die Stromquellen, die Elektroden und das Schweißzubehör behandelt. Weitere Abschnitte befassen sich mit den Schweißnähten, ihrer Anordnung und Berechnung, mit der Schweißbarkeit, ihrer Vorbereitung und Ausführung, wobei auch Unfallverhütung einbezogen ist. Schließlich sind den verschiedenen Arten der Prüfung von Schweißverbindungen und den amtlichen Bestimmungen besondere Abschnitte gewidmet.

Gegenüber der letzten Auflage aus dem Jahre 1942 sind nur geringfügige Änderungen vorgenommen, so sind z. B. bei den Stahlsorten der Flüssigkeitszustand und die Schweißbarkeit erweitert behandelt, unter den Schweißverfahren ist das Kama-Verfahren angeführt und bei den Elektroden wurde die Einteilung nach dem Werkstoff der Umhüllung zusätzlich aufgenommen; bei der Durchführung der Schweißarbeit ist der Abschnitt Feinblechschweißung neu eingefügt. — Zu den Vorschriften, die unter den amtlichen Bestimmungen gebracht sind, wäre für eine spätere Auf-

fabrikanten Österreichs, Ludwig Lohner, kennen, der 1897 die Idee hatte, elektrische Kutschen zu bauen. Sein erstes Elektromobil lief 1898, hatte aber noch ein mechanisches Differential. Lohner stellte den jungen Porsche als Konstrukteur ein. Das erste Ergebnis der Zusammenarbeit war der Radnabenmotor von Porsche, der im Jahre 1900 in die Praxis kam; er saß im rechten und im linken Vordergrund.

Als der Benzinmotor sich eingeführt hatte, schuf Porsche das Mixt-System: ein Benzinmotor trieb eine Dynamo, deren Strom auf die Radnabenmotoren ging. Da die Benzinmaschinen von Daimler bezogen wurden, wurde Porsche technischer Direktor der Daimler-Werke in Wiener Neustadt. Hier erhielt er 1910 den schwierigen Auftrag, Zugwagen für schwere Artillerie des Feldheeres zu bauen. So entstand der erste Vierradantrieb nach dem Mixtsystem und im Sommer 1914 konnten auf einem solchen Wagen Artilleriemörser vom Kaliber 30,5 cm bis vor die belgischen Festungen fahren. Im ersten Weltkrieg tat das Mixt-System auch auf Nebenbahnen und Feldbahnen gute Dienste, ebenso schmalspurige Benzinelektrozüge von Porsche, die an den österreichischen Südfrenten eingesetzt wurden. Die von ihm während des ersten Weltkrieges konstruierten benzinelektrischen Züge liefen straßengängig von einem Anhänger, der von 8 Elektromotoren angetrieben wurde. Selbst Langrohre von 36 t Gewicht konnten auf diesem sogenannten C-Zug über die Paßstraßen der Alpen fahren. Fh

**H. Rupp.** — Dr. Helmut Rupp wurde zum Geschäftsführer des Süddeutschen Rundfunks bestellt. Er hat in Darmstadt studiert, arbeitete einige Jahre im Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung und danach an leitender Stelle in der Industrie; seit 1949 ist er beim Süddt. Rundfunk. of

**100 Jahre W. C. Heraeus, Hanau.** — Als im Jahre 1660 Isaak Heraeus in die damalige Einhorn-Apotheke in Hanau eintrat, die er 1668 erwarb, da konnte niemand ahnen, daß einer seiner Nachfahren, der Apotheker Wilhelm Carl Heraeus, zwei Jahrhunderte später die Platinschmelze W. C. Heraeus in Hanau gründen würde, um das von ihm entdeckte Verfahren des Schmelzens von Platin gewerblich auszunutzen. Es war die Geburtsstunde der deutschen Platinindustrie schlechthin, die Geburtsstunde der Firma W. C. Heraeus im besonderen, die am 1. April 1951 auf ein hundertjähriges Bestehen zurückblicken kann. Am Jubiläumstag beschäftigt die Firma rd. 1150 Arbeiter und Angestellte.

Zu der Verarbeitung von Platin für industrielle Zwecke, wie beispielsweise für Spinndüsen zur Herstellung von Kunstseide und Zellwolle, Netze zur Ammoniakverbrennung, elektrotechnische Kontakte für die Stark- und Schwachstromtechnik, wird Halbzeug für den Dentalsektor, die Schmuckwarenindustrie und für alle nur denkbaren technischen und wissenschaftlichen Zwecke hergestellt. An die keramische Industrie wird Edelmetall in Gestalt von Glanzgold, Poliergold, von Silber-, Lüster- und Purpurfarben geliefert, während sich die Fabrikation von Heraeus auf dem Gebiet der Elektrowärme durch selbstregelnde Trockenschränke und Ofen aller Art, aber auch durch die berühmten Widerstandsthermometer und Pyrometer bekannt gemacht hat. Einen besonderen Namen hat sich Heraeus durch die Erfindung des Schmelzens von Bergkristallen gemacht. Das optische Quarzglas, das in der ganzen Welt nur in Hanau hergestellt wird, und die weit über die Grenzen von Hanau hinaus bekannten Höhensonnen „Original Hanau“ sind hierfür Zeugen.

Auch nach dem Kriege ruhte der rastlose Erfindergeist nicht. Die Fabrikation von Tantal wurde aufgenommen und das Gebiet der Herstellung von dünnen Schichten durch Vakuumbedampfung und Kathodenzerstäubung in die Fabrikation aufgenommen. Dies bedeutete eine Befruchtung nicht nur der optischen Industrie, sondern neuerdings konnten auch Effekte auf Kunststoffen erzielt werden, die man bisher nicht kannte. So hat die Firma, die noch immer im Familienbesitz ist und von Namensträgern geleitet wird, ihren alten Ruf durch Jahrzehnte hindurch nicht nur aufrecht erhalten, sondern immer wieder vergrößert und auf neue Gebiete ausdehnen können. of

**Jubiläum.** — Die 1920 gegründete Firma Elektro-Bau AG. in Linz an der Donau konnte kürzlich ihr 30jähriges Bestehen feiern. In einer Festschrift läßt sie vor allem ihre technischen Mitarbeiter sprechen, die in Arbeiten mit gutem Niveau das Fertigungsprogramm der Firma umreißen: Transformatoren, Gleichrichter, Licht- und Kraftinstallationen u. a. R

lage eine gewisse Ergänzung nötig, da beispielsweise auch für die Bewertung von Schweißtransformatoren VDE-Regeln bestehen.

Das Heft ist eine brauchbare Unterlage für jeden, der sich in gedrängter Form über die Lichtbogenschweißung unterrichten will, auch ist es als Ergänzung und Zusammenfassung des bei Schweißerausbildungskursen vorgetragenen Lehrstoffes zu empfehlen.

K. Ritz

DK 347.771/774 (023)

**Das Patenterteilungsverfahren.** Von Dipl.-Ing. G. Zeunert. Mit 95 S., Format DIN A 5. Deutscher Ingenieurverlag, Düsseldorf 1950. Preis kart. DM 4,20.

Die Wiederaufbau des deutschen Patentwesens hat eine Fülle von Gesetzen und Verordnungen gebracht, die ohne besondere Hilfe nur der Fachmann übersehen und in den einzelnen Bestimmungen beachten kann. Der Verfasser des vorliegenden Buches ist von der richtigen Erkenntnis ausgegangen, daß es nicht genügt, den Wortlaut der gesetzlichen Bestimmungen für das ganze Gebiet zu sammeln und die einzelnen Bestimmungen zu kommentieren. Er stellt vielmehr einen Führer durch die neue Gesetzgebung zur Verfügung, mit dem sich auch Nichteingeweihte zurechtfinden können. Jeweils von den früher geltenden Bestimmungen ausgehend, wird das Neue der Nachkriegszeit in übersichtlicher und allgemein verständlicher Form dargestellt. Besondere Beachtung haben auch die mit der Anmeldung von Auslandspatenten zusammenhängenden Patentfragen gefunden. Außerdem sind die Nachbargebiete des eigentlichen Patentwesens, wie Angestelltenerfindungen, Gebrauchsmuster, Warenzeichen, Geschmacksmuster und Patentstreitsachen soweit behandelt, wie es der Umfang des kleinen Buches zuließ. Besonders hervorzuheben sind das sehr umfangreiche Schrifttumverzeichnis und ein sorgfältig bearbeitetes Stichwortverzeichnis.

P. O h r t

DK 668.41 : 621.315.616.5/7 (03)

**Lexikon für technische Gummiwaren.** Mit 697 S., zahlr. B. u. Taf., Format 17×25 cm. Hrsg. Continental-Gummi-Werke AG., Hannover 1950. Preis Glw. 22,— DM

In den letzten Jahrzehnten ist der Gummi ein Werkstoff von so vielseitiger Verwendbarkeit geworden, daß der Außenstehende meist überrascht ist über die zahlreichen Anwendungsgebiete und Formen, die ihm in dem Lexikon für technische Gummiwaren begegnen. Die Vielfältigkeit wird noch gesteigert durch die vielen Mischungen sowie durch die verschiedenen Kunstgummiarten, welche die Verwendung dieses Werkstoffes auch dort möglich machen, wo Naturgummi aufgelöst wird oder versprödet.

Das auf Kunstdruckpapier gedruckte Werk ist auch für die Elektroindustrie wertvoll. So findet man z. B. darin Eigenschaften und Abmessungen von Transportbändern, Akkumulatorenkästen, Dichtungen, Durchführungen usw., zahlreiche Verwendungsbeispiele für Schwingmetall zur Geräuschdämmung und zur Unterdrückung von mechanischen Schwingungen von Maschinen sowie zur vibrationsfreien Befestigung von Meßgeräten.

Die Benutzung des Buches wird durch die alphabetische Einteilung nach Anwendungsgebieten und durch ein ausführliches Stichwörterverzeichnis erleichtert. Ergänzt wird das Lexikon durch Tafeln über die mechanischen Eigenschaften, die VDI-Richtlinien über Gestaltung und Anwendung von Gummiteilen, über Bestimmungen für die Prüfung von Gummi, über Härte und spezifische Gewichte vieler Werkstoffe, Dampfdrucktabellen u. a.

W. H. H a n s e n

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**AEG-Mitteilungen.** Hausmitteilungen der AEG. 41. Jahrgang 1951. Heft 1/2. Hrsg. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft. Mit 40 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Erscheint zweimonatlich. Preis je Heft 1,50 DM.

Nach siebenjähriger Pause erscheinen jetzt wieder die „AEG-Mitteilungen“, die stets eine wichtige Informationsquelle für die elektrotechnische Fachwelt waren und auch jetzt wieder in Form gediegener Aufsätze aus den vielfältigen Arbeitsgebieten der AEG berichten. An die alte Tradition, auch in der äußeren Aufmachung (Kunstdruckpapier), knüpft das erste Nachkriegsheft mit Aufsätzen über Schaltanlagenbau, elektr. Bahnen und Industriekraftwerke wieder an.

of

**Röhrenvergleichstabellen.** Von W. Trieloff. Mit 176 S., Form. DIN A 4. Franzis-Verlag, München 1950. Preis kart. 8,— DM.

Für alle praktisch vorkommenden europäischen, amerikanischen und russischen Röhren werden für Ersatzbestückungen die greifbaren Typen der größten europäischen Firmen angegeben. Für diese sind in einer gesonderten Verzeichnis die wichtigsten technischen Daten zusammengestellt.

**Bestückungstabellen für Rundfunkempfänger.** Von W. Trieloff. Mit 63 S., Format DIN A 4. Franzis-Verlag, München 1950. Preis kart. 5,50 DM.

Das Heft enthält die wichtigsten technischen Angaben über alle deutschen Rundfunkempfänger aus den Jahren 1927... 50. Neben der Röhrenbestückung findet man Angaben über das Baujahr, die Empfängerart, Zwischenfrequenz, Skalenlampchen und Absicherung.

**Qualitätsbleche.** Hrsg. Stahlwerke Bochum AG. Mit 99 S., zahlr. B. Format 14×19,5 cm.

Die Stahlwerke Bochum geben in dem hübschen Ganzleinenbändchen einen Überblick über ihr Fertigungsprogramm, wobei den Elektrotechniker besonders die Angaben über Elektrobleche interessieren. Der Verbraucher gewinnt einen Eindruck von der Unterschiedlichkeit der zahlreichen Blechsorten und bekommt einen Einblick in die Entwicklungsgeschichte des Werks.

**Dynamik selbsttätiger Regelungen.** Bd. 1. Von Dr.-Ing. R. C. Oldenbourg und Dr.-Ing. H. Sartorius. 2. Aufl. Mit 258 S., 112 B., Format 16×24 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 24,— DM.

**Geräuscharme Elektromotoren.** Lärmbildung und Lärmbeseitigung bei Elektromotoren. Von Dr.-Ing. Heinz Jordan. Mit 100 S., 51 B., Format 15×21 cm. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Hlw. 11,60 DM.

**Fachkunde für Elektriker.** Teil 2: Elektrische Maschinen und Meßgeräte. Von W. Blatzheim. 9. Aufl. Mit 243 S., 305 B., Format 15×21 cm. Ferd. Dummlers Verlag, Bonn 1951. Preis kart. 5,80 DM.

**Untersuchungen über die Fouriersynthese der Ladungsverteilung in Kristallen.** Bd. II: Phasenfaktorentafel zur kristallographischen zweidimensionalen Fouriersynthese in Punkten eines Achtundvierzigstel-Netzes. Von Dr.-Ing. W. de Beaucclair und Dr. U. Sinogowitz. Mit 91 Taf. der Funktion  $\cos 2\pi hx \cos 2\pi ky$ , Erläuterungen und Rechenanweisung, im Querformat 43×30 cm.

**Bleiakkumulatoren.** Chemie und Technik im Akkumulatorenbau. Von C. Drottschmann. Mit 224 S., 96 B., 64 Taf., Format 17×24,5 cm. Verlag Chemie GmbH, Weinheim a. d. B. 1951. Preis Glw. 19,50 DM.

**Statistische Urteilsbildung.** Erläutert an Beispielen aus Medizin und Biologie. Von H. Gebelein und H.-J. Heite. Mit 192 S., 50 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 15,60 DM.

**Punktechnische Aktion.** Zeitschrift für das Funkwesen. Hrsg. J. A. Reppisch, Nürnberg. Heft 1 mit 20 S., Format DIN A 5. Verlag L. Charlotte Reppisch, Nürnberg 1951. Preis je Heft 0,50 DM. Erscheint monatlich.

**Handbuch der Funk-Entstörtechnik.** Von J. Reppisch. Mit 128 S., 180 B., Format DIN A 5. Verlag L. Ch. Reppisch, Nürnberg 1951. Preis kart. 7,80 DM.

**Leuchten.** Preisliste L 1, Januar 1951. Hrsg. Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft. Mit 150 S., zahlr. B. u. Taf., Format DIN A 5.

**Vorlesungen über höhere Mathematik.** Von Dr. phil. Adalbert Darschek. 2. Bd. Mit 386 S., 125 B., Format 17×24 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. 26,— DM, Glw. 29,— DM.

**Unternehmen der öffentlichen Versorgung 1950.** Das Spezial-Archiv der deutschen Wirtschaft. Mit 448 S., Format DIN A 4. Verlag Hoppstedt & Co., Heppenheim a. d. B. 1951.

**2 Jahre Pressestelle der Arbeitsgemeinschaft der deutschen Rundfunkwirtschaft.** 17. Februar 1949 — 17. Februar 1951. Mit 94 S., Format DIN A 4. Hannover 1951. Preis kart. 2,50 DM.

## Berichtigung

In den „Hochschulnachrichten“ in Heft 4 der ETZ, S. 15 rechts ist in der 5. Zeile die Jahreszahl 1940 in 1945 zu ändern.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. Herbert Baatz, Studiengesellschaft f. Höchstspannungsanlagen Ruit über Eßlingen  
 Prof. Dr.-Ing. Curt von Dobbeler, Konstanz, Buchnerstr. 6  
 W. Holler, AEG, Berlin-Grünwald, Hohenzollerndamm 150  
 Prof. Dr.-Ing. Max Kloss, Berlin-Nikolassee, Beskidenstr. 10

Abschluß des Heftes: 17. März 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 667, Fernruf 379 57. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 17, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 967 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 12, 80 DM halbj., einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 17,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. April 1951

Heft 8

## G. H. Winkler †

Am 21. März verschied unerwartet nach kurzem Krankenlager Herr Dipl.-Ing. G. H. Winkler, Hauptschriftleiter der ETZ. Mit ihm verliert die deutsche Elektrotechnik einen Mann, der über zwei Jahrzehnte das Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, zuletzt als ihr Hauptschriftleiter, betreut hat. In Weissensee, Thüringen, geboren, bezog er nach Rückkehr aus dem ersten Weltkrieg die Technische Hochschule Darmstadt und schloß seine Studien 1922 mit dem Diplomexamen auf dem Gebiete der Elektrotechnik ab. Er war Schüler von Prof. W. Petersen, Geheimrat E. Wirtz und Oberbaurat A. Sengel. Schon immer hatten ihn die physikalische Seite der Elektrotechnik und ihre physikalischen Grenzgebiete ganz besonders gefesselt, und diese Vorliebe veranlaßte nach seinem Eintritt in die Schriftleitung der ETZ den damaligen Hauptschriftleiter, Herrn E. C. Zehme, ihm diese Gebiete verantwortlich zu übertragen. Mit E. C. Zehme, der die ETZ manches Jahrzehnt geleitet und ihr mit seiner markanten Persönlichkeit den Stempel aufgedrückt hat, verband den Dahingegangenen eine ausgezeichnete Zusammenarbeit, die sich sehr zum Vorteil für die ETZ ausgewirkt hat. Die Neigungen beider

Männer ergänzten sich in der glücklichsten Weise. Der Unterzeichnete hatte das große Glück, als Nachfolger von E. C. Zehme, als dieser mit nahezu siebzig Jahren sein Amt als Hauptschriftleiter niederlegte, in G. H. Winkler einen Mitarbeiter zu finden, der ihm in seiner feinen, menschlich so angenehmen Art ein rasches Einarbeiten ermöglichte. Es war ihm deshalb eine ganz besondere Freude, ihn sehr bald nach Beginn der Zusammenarbeit zu bitten, seine Stellvertretung zu übernehmen, und er hat es dieser harmonischen Übereinstimmung vor allem zu verdanken, daß er neben der wissenschaftlichen Leitung der ETZ auch die Herausgabe des Archivs für Elektrotechnik besorgen und es gemeinsam mit dem Verstorbenen redigieren konnte.

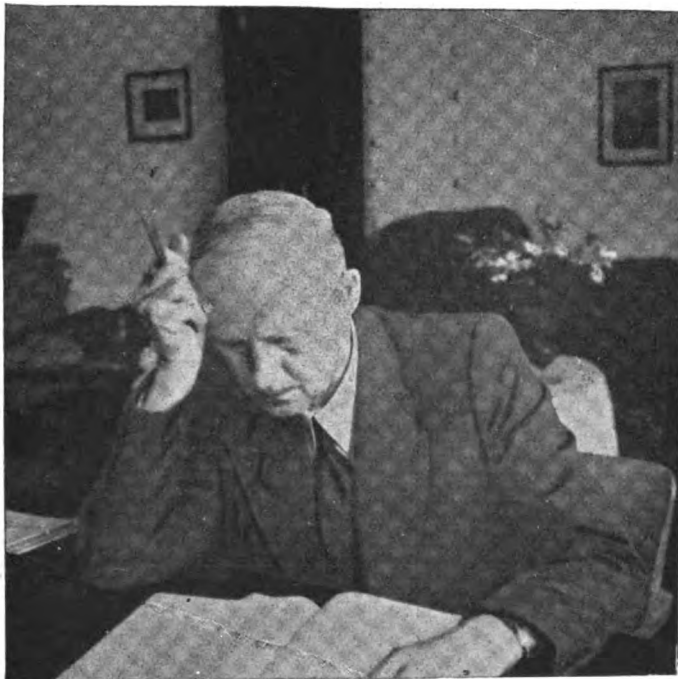
Das, was G. H. Winkler so ganz besonders auszeichnete und ihn für die Aufgabe eines Schriftleiters als Berufung prädestinierte, war seine tiefe Liebe zur Wissenschaft und sein Einfühlungsvermögen in das geistige Werk derjenigen, die ihre Arbeit der ETZ zur Veröffentlichung anvertrauen wollten. Es gehört gewiß zu den schwersten Aufgaben eines wissenschaftlich geschulten und empfindenden Menschen, fremdes geistiges Eigentum zu betreuen und es objektiv vom Standpunkt der Leser der geleiteten Zeitschrift zu beurteilen. Beide Gaben vereinigte der Verblichene in hohem Maße

in sich. Seine Ratschläge, die er den Verfassern aus seiner reichen Erfahrung heraus gab, ließen durch ihre liebenswürdige Form die wohlmeinende Absicht spüren, so daß wohl jeder sie gern entgegennahm.

Auch der zweite Weltkrieg rief G. H. Winkler unter die Fahnen, und dank seiner technischen und physikalischen Fähigkeiten wurden ihm bald Sonderaufgaben gestellt, bei denen er unter Beweis stellen konnte, daß er auch dann, wenn aktive Mitarbeit in technischen Entwicklungen gefordert wurden, seinen Mann zu stehen wußte. Es war wohl der schönste Lohn für seine lange aufopfernde Mitarbeit an

der ETZ, als nach dem Kriege der Vorsitzende und der Vorstand des VDE ihn als Hauptschriftleiter an die nicht sehr lange vorher wieder ins Leben gerufene ETZ berief, damit er die gute Tradition des Verbandorganes fortsetzen sollte. Wenn die ETZ heute wieder das geworden ist, was sie sein soll, so ist es wohl das Verdienst des Mannes, den ein hartes Schicksal zu früh abberief. Ich, der ich das Glück gehabt habe, mit ihm eng zusammenarbeiten zu können, fühle mich verpflichtet und berechtigt, ihm den Dank aller derer nachzurufen, denen er als Hauptschriftleiter unserer ETZ Mitarbeiter, Betreuer ihres geistigen Schaffens und Mittler geistigen Gedankengutes gewesen ist.

Harald Müller



geb. 27. 10. 1898

G. H. Winkler

gest. 21. 3. 1951

## J. Zenneck, dem Altmeister der drahtlosen Telegraphie, zu seinem 80. Geburtstag

DK 621.596 (092) Zenneck

Am 15. April 1951 begeht Dr. rer. nat. Dr.-Ing. e. h. Jonathan Zenneck, Geh. Regierungsrat, o. Prof. em. für Physik an der Technischen Hochschule München, in voller Schaffenskraft seinen 80. Geburtstag. Seit Jahrzehnten zählt der Jubilar in aller Welt zu den ganz Großen im Reiche der Physik und Elektrotechnik, im besonderen der Hochfrequenzphysik. Für einen seiner ehemaligen Schüler und Doktoranden ist es daher eine ganz besondere Ehre, ihm in der ältesten elektrotechnischen Zeitschrift Deutschlands eine geburtstägliche Betrachtung zu widmen.

Jonathan Zenneck, einer kinderreichen Pfarrersfamilie in dem schwäbischen Dorf Ruppertshofen entstammend, wurde in den evangelisch-theologischen Seminaren zu Maulbronn und Blaubeuren im Geiste des Humanismus erzogen, dem er zu allen Zeiten wesensverbunden geblieben ist. Es ist wohl kein Zufall, daß nicht wenige hervorragende Physiker, Mathematiker und Ingenieure gerade aus der humanistischen Schule hervorgegangen sind, obwohl diese in lehrstoffmäßiger Hinsicht nicht ausgesprochen geeignet zu sein scheint. Offenbar lernt man aber gerade hier von Grund auf logisch denken und streng systematisch arbeiten — die unerläßlichen Voraussetzungen für ein erfolgreiches Wirken in einem der genannten Berufe. Während seines Studiums in Tübingen, das außer Physik und Mathematik sein Lieblingsfach Zoologie umfaßte, gehörte er dem berühmten „Stift“ an, das seit seinem Bestehen zu allen Zeiten so viele bedeutenden Köpfe aus dem schwäbischen Kulturkreis in seinen Mauern beherbergt hat. Auf das Staatsexamen für den höheren Schuldienst folgte bald die Promotion; das Dissertationsthema — „Die Anlage der Zeichnung und deren physiologische Ursachen bei Ringelnatterembryonen“ — ließ allerdings noch keineswegs ahnen, daß hier der spätere Nestor der drahtlosen Telegraphie am Werk war! Doch schon zwei Jahre später, im Jahre 1896, finden wir ihn bei Ferdinand Braun in Straßburg als Assistenten und Mitarbeiter. Es dauerte nicht lange, da begann er mit der ihm bis heute kennzeichnenden Zielstrebigkeit die vielen, damals noch rätselhaften Erscheinungen auf dem Gebiet der elektromagnetischen Wellen und ihrer praktischen Ausnutzung für Zwecke der Nachrichtenübermittlung gründlich zu untersuchen und ihre theoretischen Zusammenhänge klarzustellen. Sein Improvisationstalent, sein experimentelles Geschick, sein theoretisches Wissen und seine schon damals hervorstechende Schaffenskraft befähigten ihn, die ihm vom Schicksal gebotene Chance voll zu nutzen: die Anfangsentwicklung der drahtlosen Nachrichtentechnik als treibende Kraft mitzugestalten und mit schöpferischen Impulsen zu erfüllen. Wer kann heute ermaßen, was es bedeutete, in den Zeiten der knallenden und tönenden Funken, des launenhaften „Kohärrers“ und monströser Apparaturen wirkliche Fortschritte von bleibendem Wert zu erzielen?

Von den beiden damals führenden — und sich aus wirtschaftlichen Gründen heftig befehdenden! — Entwicklungsgruppen, der Braun-Siemens- und der Slaby-Arco-Gruppe, konnte die erstere auf Grund der raschen und

durchgreifenden Arbeiten Zennecks bald erheblichen Vorsprung gewinnen. Man vertraute ihm die höchst verantwortungsvolle Durchführung von umfangreichen, sich über die Jahre 1899 und 1900 erstreckenden Funkversuchen an. Diese fanden auf und an der Nordsee statt und erbrachten den einwandfreien Nachweis dafür, daß der Braunsche Sender dem einfachen Marconisender weit überlegen war. Die äußeren Umstände dieser Versuche boten Zenneck willkommene Gelegenheiten, seine seemännischen Talente, seinen Wagemut und seine Freude an jeder Art von körperlichem Sport unter Beweis zu stellen. Obwohl ihm nun, nach dem erfolggekrönten Verlauf des Nordsee-Unternehmens, alle Wege in die allmählich aufblühende Spezialindustrie für drahtlose Sende- und Empfangsgeräte offen standen, kehrte



er unbeirrbar nach Straßburg in die Stille der Laboratorien zurück. Mit der Habilitation kurz nach der Jahrhundertwende beschrift er die Bahn des akademischen Lehrers. Die Zahl seiner Veröffentlichungen wuchs rasch auf über 20 an. Unter diesem muß vor allem das umfassende (1011 Seiten) Werk „Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie“ (Stuttgart, Enke-Verlag 1905) hervorgehoben werden, das eine Unsumme experimenteller Studien und theoretischer Gesetzmäßigkeiten zu einem harmonischen Ganzen zusammenfügte; auch die gerade für hochfrequente Vorgänge typischen Nebeneffekte, die einem das Leben sauer machen können, sind eingehend erläutert. Das Buch fand begeisterte Aufnahme und wurde bald zum Standardwerk. Zenneck bewies schon damals die seltene Gabe, unanschauliche und verwirrende Vorgänge oder schwierige Zusammenhänge klar und verständlich darzustellen, ohne daß die Gründlichkeit und wissenschaftliche Exaktheit zu kurz kamen. Auch in den späteren Jahren großer Erfolge tritt er uns immer als der ideale Mittler zwischen

Theorie und Praxis, als der markante Pädagoge entgegen.

In den Jahren vor und nach 1900 leistete Zenneck nicht nur dadurch Entscheidendes für die drahtlose Nachrichtentechnik, daß er nach Kräften mithalf, sie Schritt für Schritt aus dem Stadium des Probierens (und Sich-Wunders!) in das einer systematischen Entwicklung zu überführen, sondern er schuf sehr viel Neues, das immer mit seinem Namen verbunden sein wird. Es seien hier nur die Frequenzvervielfachung mittels nichtlinearer Organe, der Resonanzwellenmesser, der abgestimmte Reflektordraht für gerichteten Senden und die Resonanzabstimmung von Empfangsantennen herausgegriffen. So konnte es kaum überraschen, daß er schon 1905 als ao. Prof. für Physik an die T. H. Danzig, ein Jahr später als Ordinarius nach Braunschweig berufen wurde. Für das Jahr 1907 verzeichnet der Chronist die bedeutende theoretische Abhandlung über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs der Erdoberfläche. Noch heute beschäftigt die Frage der Existenz der „Zenneckwelle“, der an der Erdoberfläche entlang gleitenden Oberflächenwelle eines Dipolstrahlers, die besten Theoretiker<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 71 (1950) S. 534; Arch. elektr. Übertrag. 5 (1951) S. 15

Im Jahre 1909 verließ Zenneck seinen Lehrstuhl und übernahm die Leitung des Physikalischen Laboratoriums der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen. Dieser „Seitensprung“ entstand aus seinem immer lebhaften Drang, an den großen Problemen der Zeit persönlich mitwirken zu können. Damals ging es darum, die Stickoxyd-Synthese, die gerade erst erfunden worden war, in ganz großem Maßstab und mit größter Wirtschaftlichkeit nutzbar zu machen. Die Erfolge, die ihm hier beschieden waren, ließen ihn in die erste Reihe der Physiker in der chemischen Großindustrie aufsteigen. Beim Bau der großen Anlagen in Notodden, Christiansand und am Rjukanfall hatte er bedeutende Aufgaben zu lösen.

Dem ehrenvollen Ruf nach Danzig als Nachfolger von Max Wien konnte Zenneck nicht widerstehen (1911). Seitdem blieb er, obwohl es in seinem späteren Leben an „industriellen Versuchen“ nicht gefehlt hat, akademischer Lehrer. Seit 1913 darf ihn die T. H. München stolz zu den übrigen zählen. Wahrscheinlich hat ihn das in verschiedener Hinsicht angenehme Münchener Klima gegen Berufungen und Angebote nach nördlicheren Breiten — u. a. an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt — immun gemacht.

Zunächst brach jedoch der erste Weltkrieg herein. Im Dezember 1914 wurde Zenneck, zusammen mit Ferdinand Braun, auf abenteuerlichen Wegen durch die englische Blockade hindurch nach Amerika gesandt. Es ging um einen Patentprozeß, den die amerikanische Marconi-Gesellschaft gegen die in deutschem Besitz befindliche Funkstation Sayville, das einzige deutsche Sprachrohr auf dem amerikanischen Kontinent, angestrengt hatte. Es gelang den beiden Gelehrten, durch ihre Zeugenaussagen dem Recht zum Siege zu verhelfen, so daß die Station bis zum Kriegseintritt Amerikas in Betrieb blieb. Von diesem Zeitpunkt an bis 1919 mußte Zenneck das zweifelhafte Vergnügen einer Lager-Internierung über sich ergehen lassen. Sein unerschütterlicher Humor half ihm jedoch darüber weg; er stürzte sich mit Feuereifer auf den sachkundigen Anbau von Gemüse und Blumen, arbeitete in der Stille wissenschaftlich, hielt Vorträge und betreute sogar einen Doktoranden!

Wenige Jahre nach der Rückkehr nach München wurde der lang ersehnte, modern ausgestattete Institutsneubau Wirklichkeit; sein glanzvoller Mittelpunkt, der mit raffinierten Demonstrationsgeräten und allen erdenklichen Vorrichtungen ausgestattete große Physikhörsaal verriet nur zu offenkundig, daß bei der Planung ein Meister der Experimentavorlesung entscheidend mitgewirkt hatte. Hier erlebten nun Jahr für Jahr Zennecks zahlreiche Schüler Physikvorlesungen, wie man sie sich eindrucksvoller schwer vorstellen kann. Die Einprägsamkeit wurde durch höchst effektvolle Begleitphänomene in Form von Funken, Raucherentwicklung, Knall und Leuchterscheinungen kräftig unterstützt. Da zudem in geeigneten Abständen herzerfrischende Kalauer in unverfälschtem Schwäbisch verabfolgt wurden, blieben Zennecks Vorlesungen von dem sonst üblichen Hörschwund gegen Ende des Semesters so gut wie ganz verschont, ein erstaunliches Faktum! Auch bei den kaum zu zählenden Kongressen und Tagungen hat sich immer wieder gezeigt, daß seine Vorträge zu den allerersten Attraktionen gehören, die sich niemand entgehen läßt und bei denen die Versuchung, ein wenig einzunicken, keineswegs aufkommen kann. Wer von seinen Schülern das unerhörte Glück hatte, als Diplomand oder Doktorand in die große Institutsfamilie aufgenommen zu werden und in persönlichen Kontakt mit dem stets wohlwollenden, menschlich anteilnehmenden „Chef“ zu kommen, wird zeitlebens daran gern zurückdenken! Dazu trug sehr viel bei, daß im Institut alles reibungslos und harmonisch Hand in Hand arbeitete, ohne erkennbaren Zwang und fast ohne Verordnungen. Mit einem Wort: es hatte alles einen schwer in nüchterne Worte zu fassenden Stil, den Stil des verehrten Lehrers Zenneck. In den letzten Satz sind vor allem auch die berühmten gewordenen Nachkolloquien und Institutsfeste einzubeziehen.

Immer wieder hat Zenneck neben seiner ausgedehnten Lehr- und Forschertätigkeit die Zeit zu Veröffentlichungen zu finden gewußt — es sind bereits über 180. Zu allen Zei-

ten wandte er sich den brennendsten Problemen zu und traf immer den Nagel auf den Kopf. So finden wir Arbeiten u. a. aus den Gebieten Schwingungslehre, Frequenzvervielfachung, Lichtbogengeneratoren, Antennen, HF-Eisenkernspulen, Akustik und insbesondere Raumakustik. Außerordentliche Verdienste können seine den Siegeszug der Braunschens Röhre begründenden Veröffentlichungen beanspruchen. Auf dem Gebiet der Ionosphärenforschung, dessen grundsätzliche Bedeutung für den gesamten zivilen und militärischen Funkverkehr er sehr frühzeitig erkannt hat, wurde er der führende Kopf in Deutschland. Die Weiterentwicklung der Echomethode nach Breit und Tuve zu einem Dauerregistrierungsverfahren mit stehenden Bildern auf dem Braunschens Rohr, seit langem von allen Ionosphärenforschern übernommen, ist sein und seiner Schüler Werk. Während des zweiten Weltkrieges liefen alle Fäden der deutschen Forschungsstellen auf diesem Gebiet in seiner Hand zusammen, so daß eine Sichtung und geschlossene Auswertung des ungeheuren Beobachtungsmaterials möglich wurde.

Im Jahre 1937 hielt Zenneck in seiner Eigenschaft als ordentliches Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften seine berühmt gewordene Festrede zum 178. Stiftungstag. Aus der Rede, die von „Wissenschaft und Volk“ handelt, seien zwei Stellen hier angeführt, die — obwohl aus dem Zusammenhang gerissen — mehr als viele Worte anderer zur Charakterisierung Zennecks beitragen:

„... Wohl sind die Zeiten vorbei, in denen ich als Assistent in Straßburg von der Universität zur Heizung meiner Dienstwohnung im Institut dicke Buchenscheite geliefert bekam. Aber die stark angewachsene Bautätigkeit stellt hohe Anforderungen an unsere Wälder. Der durch die vielen Organisationen und Zeitungen gesteigerte Papierverbrauch würde sicher noch größer sein, wenn ihn nicht die Rücksicht auf unsere Wälder etwas eingedämmt hätte. Ich hoffe und wünsche, daß es den Chemikern nie gelingt, billiges Papier aus den Rohstoffen Luft, Wasser, Kohle, Kalk herzustellen, die uns in unerschöpflicher Weise zur Verfügung stehen. Sonst müssen wir womöglich manche Eingaben nicht nur in zehnfacher Ausfertigung wie bisher, sondern in noch größerer Auflagenzahl einreichen...“

Am Schluß der großen Rede stehen Sätze, die auch heute wieder recht aktuell sind: „... Was die Wissenschaft für das Volk leistet, habe ich versucht, an einigen wenigen Beispielen zu zeigen. Wir wollen aber nun auch die Gegenrechnung aufstellen: Was schuldet das Volk der Wissenschaft? — Ohne weiteres verständlich ist, daß wissenschaftliche Forschung nur gedeihen kann, wenn sie nicht durch Mangel an Mitteln eingeschränkt ist. Dabei ist das, was die Wissenschaft an Mitteln braucht, außerordentlich bescheiden gegenüber den Summen, die für andere Aufgaben ausgegeben werden.“

Seit seiner Emeritierung im Jahre 1939 widmet der Jubilar seine volle Arbeitskraft dem Deutschen Museum in München, dessen Geschicke er schon seit Oscar von Millers Tod als Vorsitzender des Vorstandes leitet. Es ist wesentlich seiner steten Förderung zu danken, daß die umfangreichen Sammlungen trotz der erlittenen Kriegs- und Nachkriegsschäden nach und nach wieder besucht werden können, und daß die gewiß einzigartige Bibliothek schon heute wieder ihrer ursprünglichen Aufgabe als lückenlose Fachbibliothek für exakte Naturwissenschaften und Technik in hohem Maße gerecht wird. Sein besonderes Augenmerk gilt der heute mehr denn je unerläßlichen Beschaffung ausländischer Literatur; hier sind mit besonderer Dankbarkeit seine laufenden persönlichen Zuwendungen hervorzuheben. Seit 1948 hat er auch die Herausgabe der „Abhandlungen und Berichte des Deutschen Museums“, die infolge des Krieges unterbrochen war, gemeinsam mit Prof. Sörensen wieder aufgenommen. Nach wie vor beschäftigt er sich mit Vorliebe mit der Erforschung des Lebens und Wirkens großer Physiker und Ingenieure.

An Ehrungen und Auszeichnungen wurde Geheimrat Zenneck schon bisher eine derartige Fülle zuteil, daß es sogar ihm selbst schwer fallen dürfte, sie lückenlos aufzuzählen. Es seien deshalb nur die Goethe-Medaille für Kunst



und Wissenschaft, die Goldene Heinrich-Hertz-Medaille, die Gauß-Weber-Medaille, die Grashof-Denk Münze und die Goldene „Medal of Honour“ des amerikanischen Institute of Radio Engineers angeführt. Als Ehrenmitglied und erster Vorsitzender des Verbandes Deutscher Physikalischer Gesellschaften, als korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, als Mitglied des Forschungsrates, der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft — um nur einige

wenige zu nennen — nimmt er auch heute lebhaften und tätigen Anteil am wissenschaftlichen Leben in Deutschland, das ihm so viel verdankt! Vielleicht die höchste Ehrung, die es für ihn gibt, ist die aufrichtige und tief empfundene Dankbarkeit, mit der alle seine Schüler — darunter Namen von Rang wie G. Joos, H. Kulenkampff, H. Rukop, G. Couba u, W. L. Barrow — zeitlebens an ihren großen Lehrer zurückdenken. Karl H. Fischer

### Auslese einiger besonders markanter Veröffentlichungen

- Die Anlage der Zeichnung und deren physiologische Ursachen bei Ringelnatterembryonen. Diss. [Z. wiss. Zool. 58 (1898)].  
 Eine Methode zur Demonstration und Photographie von Stromkurven [Ann. Phys. Chem. 68 (1898)].  
 Die Transformation eines Wechselstroms auf doppelte Wechselzahl mit Hilfe eines ruhenden Transformators [Ann. Phys. Chem. 69 (1899) S. 858].  
 Die physikalische Interpretation von Ausdrücken aus der Theorie unendlich kleiner Schwingungen. Habilitationsschrift [Ann. Phys. 5 (1901) S. 707].  
 Gravitation [Enzyklopädie math. Wiss. V, 1 (1901) S. 25].  
 Reagieren die Fische auf Töne? [Arch. ges. Physiologie 95 (1903)].  
 Über die magnetische Permeabilität von Eisenpulvern bei schnellen Schwingungen [Ann. Phys. 13 (1903) S. 869].  
 Elektromagnetische Wellen und drahtlose Telegraphie. Verlag Enke, Stuttgart, 1905. Weitere Auflagen 1912, 1915, 1917, 1925 m. H. Rukop.  
 Spektralaufnahmen mit dem Teleobjektiv (zus. mit M. Wien) [Verh. Phys. Ges. 8 (1906) S. 494].  
 Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie. [Ann. Phys. 23 (1907) S. 846].  
 Die Verwertung des Luftstickstoffs mit Hilfe des elektrischen Flammenbogens [Phys. Z. 11 (1910) S. 1228].  
 Energiemessung an Hochspannungslichtbögen [Phys. Z. 12 (1911) S. 343].  
 Über einen lichtstarken Spektrographen [Phys. Z. 12 (1911) S. 1199].  
 Momentaufnahmen mit der Braunschen Röhre [Phys. Z. 14 (1913) S. 226].  
 Die Entstehung der Schwingungen bei der Lichtbogenmethode [Ann. Phys. 43 (1914) S. 481].  
 Eine Anordnung für gerichtete drahtlose Telegraphie [Verh. Phys. Ges. 16 (1914) S. 699].  
 Messungen an dem Löschfunkensender in Sayville [Jahrb. d. drahtlosen Telegraphie 11 (1916) S. 233].  
 Die Demonstration des Nachleuchtens von aktivem Stickstoff mit Hilfe des elektrodenlosen Ringstroms [Phys. Z. (1921) S. 102].  
 Über das Dämmerungssehen mit Ferngläsern (zus. m. K. Krüger) [Ann. Phys. 73 (1924) S. 242].  
 Experimentelle Untersuchungen über Schwingungskreise mit Eisenkernspulen (zus. m. L. Casper und K. Hubmann) [Jahrb. drahtl. Telegr. 23 (1924) S. 63].  
 Versuche über die Ausbreitung der elektromagn. Wellen (zus. m. M. Bäuml) [Jahrb. drahtl. Telegr. 27 (1926) S. 117].  
 Raumakustik [Forsch. u. Fortschr. 1929].  
 Experimentierkunst und Vorführungstechnik im neuzeitlichen physikalischen Unterricht [Z. techn. Physik 10 (1929) S. 203].  
 Das Physikalische Institut der Technischen Hochschule München [Phys. Z. 30 (1929) S. 433].  
 Messung von Echos bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in der Atmosphäre (zus. m. G. Couba u) [Z. f. Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. 37 (1931) S. 207].  
 Elektrizitätslehre. Grundbegriffe (Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Fischer-Verlag. Jena, 1932).  
 Eine Methode zur selbsttätigen Aufzeichnung der Echos aus der Ionosphäre (zus. m. G. Couba u) [Z. Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. 41 (1933) S. 77].  
 Oscar von Miller [Abh. u. Ber. d. Deutschen Museums, München. VDI-Verlag. Berlin, 1934].  
 Echomessungen bei Fernübertragungen (zus. m. W. Croné, K. Krüger u. G. Couba u) [Z. Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. 48 (1935) S. 1].  
 Wissenschaft und Volk. Festrede zur Sitzung d. Bayer. Akademie der Wissenschaften am 16. 6. 37 [C. H. Beck-Verlag. München, 1938].  
 Max Planck zum achtzigsten Geburtstag [Naturwiss. 26 (1938) S. 241].  
 Der Zustand der Ionosphäre während des Nordlichtes am 25./26. Januar 1938 nach den Beobachtungen der Versuchstation am Herzogstau. (zus. m. R. Eyfrig, G. Couba u und Th. Netzer) [Z. Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. 51 (1938) S. 149].  
 Ferdinand Braun. Lebensbilder aus Kurhessen und Waldeck, 1747. Über die Entwicklung von Gewehr und Geschöß auf dem Gebiet des Jagdwesens [Jahrb. d. D. Akademie der Luftfahrtforschung 1940/41, S. 243].  
 Die Abhängigkeit der abnormalen E-Schicht der Ionosphäre von der Tages- und Jahreszeit (zus. m. J. O. Brand) [Schr. D. Akademie d. Luftfahrtforschung 8 (1944) S. 1].  
 Zum 50jährigen Jubiläum der Braunschen Röhre [Naturwiss. 35 (1944) S. 35].  
 Elektronenemission, Elektronenbewegung und Hochfrequenztechnik. Deutsche Ausgabe von FIAT-Review, Deutsche Wissenschaft 1939-1946 (zus. m. G. Couba u) [Dieterich-Verlag. Wiesbaden, 1948].  
 Ionosphäre [Ergebnisse d. exakten Naturwissenschaften 22 (1949) S. 263].  
 Zum 100. Geburtstag von Ferdinand Braun [Physik-Verlag. Mosbach-Baden, 1950].

## Die Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen

Von W. Knappe, Darmstadt

DK 621.315.6.014.6

**Übersicht.** Eine zusammenfassende Mitteilung zeigt die bisher gewonnenen Erkenntnisse über das Zustandekommen leitender Kriechwege auf der Isolierstoffoberfläche. Die wichtigsten Prüfverfahren für Kriechstrom- u. Lichtbogenfestigkeit werden kritisch betrachtet, wobei auch das genormte amerikanische Prüfverfahren für Lichtbogenfestigkeit (arc resistance) berücksichtigt wird.

### 1. Begriffe und Definitionen

Der Begriff des Kriechstroms ist in den VDE-Vorschriften [1] wie folgt festgelegt:

„Als Kriechstrom wird ein Strom angesehen, der sich an der Oberfläche oder an den oberen Schichten eines im trockenen, sauberen Zustand gut isolierenden Stoffes zwischen verschiedenen Potentials ausbildet, wenn auf die Oberfläche des Isolierstoffes äußere Einflüsse, wie die Anlagerung von Fremdkörpern, Feuchtigkeit u. dgl. einwirken.“

Über die Größenordnung und Auswirkungen der fließenden Ströme wird hierin nichts gesagt. Wir müssen also auf Grund dieser Definition sowohl die bei hoher Luftfeuchtigkeit über die Bernsteinisolation eines Elektrometers fließenden Oberflächenströme als auch die zum Kurzschluß und zur Zerstörung des Isolierstoffes führende Ausbildung eines leitenden Kriechwegs zu den Kriechströmen rechnen. Oft wird jedoch in der Isolierstofftechnik unter einem Kriechstrom nur der Oberflächenstrom verstanden, welcher zu einer bleibenden Aufhebung des Isolationsvermögens führt. Auf Grund dieses Sachverhaltes scheint eine klare Abgrenzung des Begriffes Kriechstrom und aller damit zusammen-

hängenden Begriffe erforderlich, ein Gesichtspunkt, auf den bereits in der Literatur [2] nachdrücklich hingewiesen worden ist.

Es hat sich in der Isolierstofftechnik eingebürgert, als Kriechstromfestigkeit die Widerstandsfähigkeit des Isolierstoffes gegen die Bildung leitender Kriechwege auf der Isolierstoff-Oberfläche zu bezeichnen. Hier handelt es sich also analog zur mechanischen Festigkeit um eine Werkstoffeigenschaft. Dagegen wird mit dem Begriff der Kriechstromsicherheit die Eigenschaft einer Konstruktion gekennzeichnet, welche gegebenenfalls unter Verwendung von nicht kriechstromfestem Material durch ihre zweckmäßige Ausführung das Entstehen von Kriechwegen verhindert. Die bisher auf diesem Gebiet gewonnenen Erkenntnisse [3, 4, 5] haben ihren Niederschlag in den VDE-Vorschriften [6] für die Bemessung der Kriech- und Luftstrecken elektrischer Betriebsmittel gefunden.

Dem Bestreben, auf dem Gebiet der Kriechstromerscheinungen klar abgegrenzte Begriffe zu schaffen, ist in den Schweizer Normen [7] Rechnung getragen worden, so daß es sinnvoll erscheint, ihren Wortlaut hier zur Diskussion zu stellen:

„Kriechwege können sich auf der Oberfläche von Isolierstoffen zwischen Stellen mit verschiedenem Potential sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselstrom bilden. Ortliehe Erhöhung der Stromdichte führt vorerst zu unzusammenhängenden Kriechspuren, die sich nach und nach



zu einem zusammenhängenden Kriechweg vereinigen. Die Bildung von Kriechspuren und Kriechwegen ist ausschließlich eine Oberflächenerscheinung. Sie ist maßgebend beeinflusst durch: die Formgebung der Oberfläche, die Eigenschaften der Isolierstoffe selbst, die Oberflächenbeschaffenheit (Bearbeitungszustand), die Einwirkung von äußeren Einflüssen auf die Oberfläche.

Als äußere Einflüsse treten in Erscheinung:

1. Temperatureinwirkungen, d. h. thermische Zerstörung an der Oberfläche (übermäßige Erwärmung, Funken, Lichtbogen usw.).

2. Verunreinigungen a) ohne primäre korrosive Einwirkung; unter Betriebsbedingungen an der Oberfläche abgelagerte, leitende Fremdstoffe, z. B. Metallstaub, Graphitstaub, feuchte Fasern, hygroskopische Salze usw., b) mit primärer korrosiver Einwirkung; Angriff von Fremdstoffen, z. B. Wasser, Elektrolyten usw.

Die **Kriechwegfestigkeit** ist die Widerstandsfähigkeit eines elektrotechnischen Isolierstoffs gegen Kriechwegbildung.

Die **Kriechwegsicherheit** ist die Gütebewertung einer elektrisch isolierenden Anordnung und umfaßt sowohl die Kriechwegfestigkeit als auch die Formgebung des Werkstücks.

Bei geschichteten oder lackierten Werkstoffen können auch im Innern auf den Grenzflächen, d. h. auf den zwischen den einzelnen Bestandteilen des zusammengesetzten Isolierstoffs gebildeten Oberflächen, Zerstörungen auftreten, ohne daß sie als eigentliche Kriechwege zu bezeichnen sind.<sup>4</sup>

## 2. Ursache und Natur der Kriechströme

Die mangelnde Kriechstromfestigkeit einer wichtigen Gruppe der organischen synthetischen Isolierstoffe, nämlich der Phenolharze, im Gegensatz zu den länger eingebürgerten keramischen Isolierstoffen hat vor allen Dingen Anlaß dazu gegeben, die Ursachen der Kriechströme zu erforschen und ein geeignetes Prüfverfahren für die Kriechstromfestigkeit zu entwickeln. Von einer restlosen Klärung des Kriechstromproblems kann auch heute noch keine Rede sein, und die Bemühungen, ein Prüfverfahren zu finden, das den Verhältnissen der Praxis einigermaßen gerecht wird, sind noch im Fluß. Die Schwierigkeiten liegen hierbei auf der Hand, denn es gilt, an Stelle von Beanspruchungen, welche mitunter erst im Laufe von Jahren zu einer Zerstörung der Isolation führen, eine abgekürzte, verschärfte Laboratoriumsprüfung zu setzen. Hinzu kommt, daß die in der Praxis auftretenden Schadensfälle durch Kriechwegbildung infolge von Qualitätssteigerung der Kunststoffe und wachsender Erfahrung in ihrer Anwendung noch seltener geworden sind, als sie es ohnehin schon immer waren.

Der größte Teil der bisherigen Untersuchungen über das Kriechstromproblem hat im Niederspannungsbereich stattgefunden, da gerade für Installationsteile in der Hand von Laien kriechstromfestes Material gefordert wurde. Schon frühzeitig vermutete man einen vorherrschenden Einfluß der Luftfeuchtigkeit und des Elektrolytgehalts der vom Isolierstoff adsorbierten Wasserhaut. So untersuchte K. Nerz [8] den Oberflächenwiderstand von Phenolharz-Preßstoffen in Abhängigkeit von der Benetzungsdauer durch Elektrolyte. Die Proben wurden 1 h lang mit  $n/1$  HCl oder  $n/1$  KOH bei 95 °C benetzt, anschließend getrocknet und der Oberflächenwiderstand in Abhängigkeit von der Trocknungsdauer gemessen. Da der Widerstand nach vollständiger Trocknung wieder normale Werte annimmt, macht der Verfasser in erster Linie die Feuchtigkeit für das Zustandekommen der Kriechströme verantwortlich. Durch weitere Versuche wird festgestellt, daß sich durch die Einwirkung der Elektrolytlösung nur der Oberflächenwiderstand, nicht aber der Widerstand im Innern ändert. Hierdurch kann als erwiesen gelten, daß es sich bei Kriechströmen im wesentlichen um eine Oberflächenerscheinung handelt. Zur Einleitung der Kriechwegbildung wurde die Elektrolytlösung bei einer Spannung von 40 V zwischen 2 auf die Oberfläche des Isolierstoffs gesetzte Schneidenelektroden ge-

tropft. Nachdem die Flüssigkeit durch Stromwärme verdampft war, wurde der Kriechweg durch Spannungserhöhung gezündet. Hierbei ergibt sich eine Strom-Spannungs-Charakteristik, die ähnlich der einer Gasentladung verläuft. Für die Mindestspannung von etwa 80 V, bei welcher die Kriechwegbildung einsetzt, ist es unwesentlich, ob Gleich- oder Wechselspannung verwendet wird.

Untersuchungen von H. Stäger u. Mitarbeitern [9] befassen sich mit der Wirkung verschiedener Elektrolyte bei der Entstehung von Kriechwegen. Bei dem angewendeten Prüfverfahren [10] wird die Elektrolytlösung zwischen 2 auf den Isolierstoff gesetzte Elektroden getropft und die Zeit bis zum Entstehen eines leitenden Kriechwegs gemessen. Es wurde festgestellt, daß die gemessene Zeit, welche ein Maß für die Kriechstromfestigkeit ist, wesentlich von der Art, Konzentration u. Temperatur des verwendeten Elektrolyten abhängt. Die Verfasser sind deshalb der Ansicht, daß das angewendete Prüfverfahren weniger die Neigung des Isolierstoffs zur Kriechwegbildung kennzeichnet als die Art und Intensität des chemischen Angriffs, welcher die Kriechwegbildung einleitet; sie halten deshalb die Tropfmethode als Prüfverfahren für ungeeignet. Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden an Phenol- und Kresolharzen vorgenommen, wobei sich die Kresolharze als weniger kriechstromanfällig zeigten.

H. Stäger und W. Siegfried [11] führten später in diesem Zusammenhang mikroskopische Gefügeuntersuchungen an Phenol- und Anilinharzen durch, die zu einer Deutung der Kriechwegbildung als Korrosionserscheinung führen. Zu diesem Zwecke wurden Dünnschliffe von Phenolharzen mit verschiedenem Gehalt an Kondensationsmittel (NaOH, NH<sub>3</sub>) hergestellt und bei 60 und 95% relativer Luftfeuchtigkeit durch aufgesetzte Schneidenelektroden einer Gleichspannung von 1500 V ausgesetzt. Während einer Zeit von mehreren Monaten wurde der Oberflächenwiderstand fortlaufend gemessen und festgestellt, daß Phenolharze mit hohem Gehalt an Kondensationsmittel die stärkste Herabsetzung des Oberflächenwiderstandes zeigen. Die Adsorption von Wasser an der Isolierstoff-Oberfläche kann bei den Phenolharzen auf die Anwesenheit der hydrophilen OH-Gruppen zurückgeführt werden. Erhebliche Änderungen des Oberflächenwiderstandes wurden nicht gefunden, obwohl sich mikroskopisch Salzablagerungen u. verästelte Kriechspuren feststellen ließen. Die Verfasser gelangen zu folgendem zusammenfassenden Befund: Die untersuchten Isolierstoffe zeigen ein Gefüge, in dessen Grenzflächen die aus dem Kondensationsmittel stammenden Ionen unter Einwirkung der Gleichspannung wandern. Bei genügend hoher Stromdichte zerstört die Stromwärme den umgebenden Isolierstoff, und es bilden sich Kriechspuren, die sich später zu einem zusammenhängenden Kriechweg verbinden. Die Kriechspurbildung kommt nur bei hoher Luftfeuchtigkeit (größer als 90%) zustande. Bei elektrolytfreien Polykondensaten treten die oben beschriebenen Erscheinungen nicht auf, wie H. Stäger u. Mitarbeiter in einer späteren Mitteilung zeigen konnten [12].

Versuche zur Deutung der Kriechstromfestigkeit wurden von R. V i e w e g und H. K l i n g e l h ö f f e r [5, 13, 14] durchgeführt. Als Elektrolytflüssigkeit zum Erzeugen eines Kriechweges verwendeten sie eine wässrige Lösung mit 1,0 ... 4,5% NaCl und 0,5% N e k a l<sup>1</sup>, wobei Kochsalz in Hinblick auf den Salzgehalt der Luftfeuchtigkeit im Küstengebiet gewählt wurde, während das Netzmittel N e k a l, welches in geringen Zusätzen die Oberflächenspannung des Wassers stark herabsetzt, eine reproduzierbare Benetzung der Oberfläche des Isolierstoffs garantieren sollte. Wenn man eine solche Elektrolytlösung zwischen 2 auf die Oberfläche des Isolierstoffs gesetzte Schneidenelektroden tropft, so verdampft zunächst ein Teil dieser Elektrolytlösung und die zusammenhängende Flüssigkeitsschicht reißt auseinander. Bei einem Isolierstoff mit mangelnder Kriechstromfestigkeit brennt der hierbei auftretende Abreißfunke in die Ober-

<sup>1</sup> N e k a l B X ist das Na-Salz einer kernalkylierten Naphthalinsulfosäure (Erzeugnis der BASF, Ludwigshafen).

fläche des Isolierstoffs eine leitende Brücke, die sich bei weiterem Verdampfen der Flüssigkeit vergrößert und schließlich in einem gut leitenden Kriechweg von Elektrode zu Elektrode endigt. Ist der Isolierstoff kriechstromfest, so leitet das durch den Abreißfunken thermisch beanspruchte Stück der Isolierstoffoberfläche schlechter als die noch feuchte Umgebung. Aus diesem Grunde springen an neuen Stellen Funken über, bis die zunehmende Verdampfung der Elektrolytlösung diesem Vorgang ein Ende bereitet. Kriechstromfester Stoff ist somit durch eine quer zur Strombahn verlaufende Funkenreihe gekennzeichnet, die nicht zu einer leitenden Brücke zwischen den Elektroden führt. Die Leitfähigkeit der Verbrennungsrückstände erscheint also von ausschlaggebender Bedeutung für das Entstehen eines Kriechwegs. Die Verfasser untersuchten deshalb die elektrische Leitfähigkeit der Verbrennungsrückstände von Kunststoffen in Abhängigkeit von der Temperatur. Neben der Leitfähigkeit spielt der Volumenanteil der entstehenden Rückstände eine wichtige Rolle. Dieser Anteil ist bei Hartstoffharz, dessen Asche relativ gut leitet, im Gegensatz zu den Phenolharzen gering, was auf weitgehende Gasabspaltung bei der thermischen Zersetzung hindeutet. Der Kriechweg kommt nicht zustande, da die Trennfunkeln durch Gasausbrüche, welche gleichzeitig tiefe Oberflächenrisse hervorrufen, gelöscht werden, analog zur Lichtbogenlöschung in Hartgasschaltern.

Über die Kriechspurbildung an Hartpapierisolatoren bei Hochspannung berichtet H. v. Cron [15] in einer ausführlichen Mitteilung. Vorbedingung für die Entstehung von Kriechspuren ist auch hier ein Feuchtigkeitsniederschlag auf der Oberfläche des Isolierstoffs. Bei gleichmäßig verteilter und nicht übermäßig großer Feuchtigkeit wird der Isolierstoff durch eine flächenhaft ausgebreitete, rasch bewegte Glimmentladung abgetrocknet (Abtrocknenentladung), da die Wärmeenergie über eine große Fläche verteilt ist und der Isolierstoff nicht örtlich überhitzt wird. Dagegen bilden sich bei ungleichmäßig verteilter oder hoher Feuchtigkeit stillstehende, zusammengezogene Entladungen, deren hoch erhitzter Fußpunkt durch das elektrische Feld fortbewegt wird und die leitende Kriechspur einbrennt (Kriechspurentladung).

3. Prüfung der Kriechstromfestigkeit

Eine Zusammenstellung der meisten gebrauchlichen Prüfverfahren findet sich in einem Beitrag von G. Pfestorf und E. F. Richter [16]. Hier soll nur auf die Prüfmethode eingegangen werden, die auch heute noch Interesse besitzen.

A) Das Tropfverfahren. — Eine Beschreibung dieser Methode findet sich in dem Buch von R. Nitsche u. G. Pfestorf, Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe [17]: „Auf eine ebene, waagerechte Fläche der Isolierstoffprobe werden zwei 5 mm lange schneidenförmige Elektroden in 5 mm Abstand aufgesetzt. Das Gewicht einer Elektrode soll etwa 200 g betragen. An den Elektroden liegt eine Wechselspannung von 300 V und 50 Hz. Der Strom wird durch einen Vorwiderstand von 60 Ω auf 5 A begrenzt. Zwischen die Elektroden wird aus einer Tropfflasche ein Tropfen von etwa 0,2 g Gewicht einer 0,5-prozentigen Nekallösung gebracht. Die Flüssigkeit verdampft unter der Wirkung des Stromes. Nach dem Abreißen der Flüssigkeitsbrücke, im allgemeinen nach einer Zeit kleiner als 30 s, wird ein zweiter Tropfen zwischen die Elektroden gebracht. Es wird die Anzahl der Tropfen oder bei 30 s Tropfenabstand die Zeit bis zur Bildung eines leitenden Kriechweges als Maß für die Kriechstromfestigkeit gewertet.“

Nach diesem Prüfverfahren lassen sich die gebräuchlichsten Isolierstoffe folgendermaßen einteilen (Tafel 1).

Der Hauptnachteil des Tropfverfahrens dürfte darin bestehen, daß durch fortlaufendes Zutropfen und Verdampfen der Elektrolytlösung unübersichtliche Konzentrations- und Temperaturverhältnisse eintreten, die zu erheblichen

Tafel 1. Einteilung der gebräuchlichsten Isolierstoffe.

	Zahl der Benetzungen	Isolierstofftyp
nicht kriechstromfest	< 10	31, 30, 71, 74, 77, 51, 54, 57 und 917
weniger kriechstromanfällig	> 10	16, 11 und 12
kriechstromfest	—	212, 213, 914 und 131

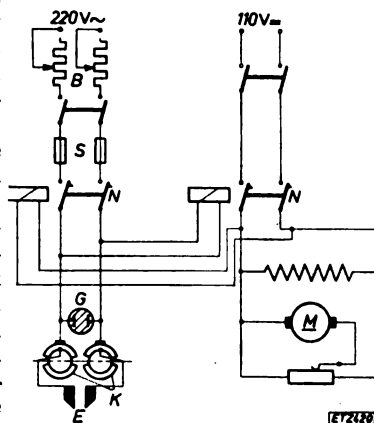
Streuungen in den Ergebnissen führen. Trotzdem besteht das Tropfverfahren auch heute noch praktische Bedeutung, da es bei geringem Aufwand Anhaltspunkte über die Kriechstromfestigkeit liefert. So ist in den schwedischen Normen für Isolierpreßstoffe [18] diese Prüfung auf Kriechstromfestigkeit vorgesehen.

B) Das Tauchverfahren. — Umfangreiche Messungen nach dem Tauchverfahren, welches die Nachteile der vorhergehenden vermeidet, wurden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durchgeführt, worüber G. Pfestorf u. E. F. Richter ausführlich berichten [16]. Um subjektive Einflüsse beim Benetzen der Probe mit Elektrolytflüssigkeit auszuschalten, wurde eine Prüfvorrichtung entwickelt, bei der mit Schneidenelektroden versehene Proben an einer rotierenden Achse so befestigt sind, daß sie während einer Umdrehungsdauer von 2 min etwa 35 s lang die Prüflösung eintauchen. Die übrige Zeit liegen die Prüflinge an einer Wechselspannung von 220 V, 50 Hz. Bei einem Kurzschluß durch Kriechwegbildung wird die Maschine außer Betrieb gesetzt und die Umdrehungszahl, die mit der Zahl der Tauchungen übereinstimmt, abgelesen. Bild 1 zeigt den Schaltplan der elektrischen Einrichtung des Prüfgerätes.

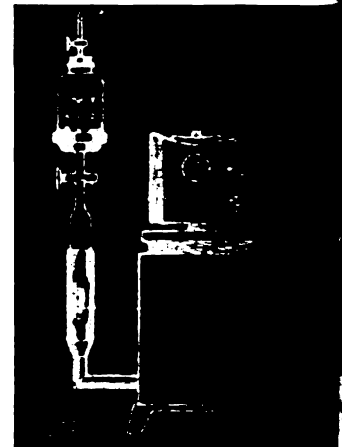
Nach dem gleichen Prüfverfahren untersuchte E. Richter [19] die Kriechstromsicherheit von Installationsteilen aus Isolierpreßstoff vom Typ 31. Hierbei mußten Leuchten in die Prüflinge, in diesem Falle Schalter, Steckdosenstecker und Glühlampenfassungen, gebohrt werden, damit die Tauchflüssigkeit vollständig ablaufen konnte. Die Kriechstromsicherheit wurde durch eine Gütezahl angegeben, abgestuft nach der zur Kriechwegbildung erforderlichen Anzahl Tauchungen.

Untersuchungen nach dem Tauchverfahren können heute wieder durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt Berlin<sup>2</sup> durchgeführt werden. Dort wird außerdem an der Weiterentwicklung dieses Verfahrens gearbeitet.

C) Dampfprobe der Micafil<sup>3</sup> [20]. — Dieses Verfahren verwendet eine Prüfspannung von 10 000 V und weicht deshalb erheblich von den vorhergehenden ab. D



S Stromautomaten, N Nullspannungsautomaten, B Begrenzungswiderstände, G Glimmlampe, K Kollektoren, E Elektroden, M Motor.  
Bild 1. Schaltung des Prüfgerätes der PTR.



1 Wasservorratsbehälter, 2 Prüfstab, 3 Prüfschneiden, 4 Durchführung für 10 mm, 50 Hz, 5 Einstellbahn, 6 Überleitungsring, 7 Wasserstandsglas, 8 Verdampfungskammer, 9 Erdungsschraube, 220 V Heizanschluß.  
Bild 2. Micafilgerät zur Bestimmung der Kriechstromfestigkeit.

<sup>2</sup> Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg 2, Werner-Siemens-Str. 8-12.  
<sup>3</sup> Micafil AG., Zürich-Alstetten (Schweiz).

Kriechwege dürften sich etwa in einer Weise bilden, für welche die Anschauungen H. v. Crons [15] grundlegend sind. In dem Prüfgerät (Bild 2) wird aufsteigender Wasserlampf erzeugt, welcher sich an der auf Schneidenelektroden gelagerten Probe kondensiert. Die Prüfspannung wird nach beginnender Kondensation eingeschaltet und die Zeit bis um Zusammenbruch der Spannung gemessen. Als Vorteil dieser Methode ist ihre Einfachheit und die weite Skala der gemessenen Werte anzusehen (s. Tafel 2).

**Tafel 2.** Kriechstrom-Dampfprobe. Zeit bis zum Durchbruch. Vorbehandlung der Probe: 24 h in 80% relativer Feuchtigkeit.

Natürliche Oberflächen	Zeit in s
Phenol-Gießharz	5
Phenoplast mit Holzmehl	30
Phenoplast mit Asbestpulver	30
Hartpapierrohr, unlackiert	100
Anilin-Reinharz	250
Aminoplast mit organischem Füllstoff	7000
Polystyrol	$\infty$
Acrylat-Glas	$\infty$
Lackfilme auf Acrylatglas-Unterlage	
Ollack, lufttrocknend, 0,1 mm dick	4000
Phenolharzack, härtbar, 0,06 mm dick	30
Resocel 100, härtbar, 0,06 mm dick	7000
Zellulose-Triacetat-Folie 0,2 mm dick	7000
Polyvinylchlorid-Folie 0,1 mm dick	80
Lackfilme auf Phenol-Gießharz-Unterlage	
Ollack, lufttrocknend, 0,1 mm dick	500
Acrylat-Glas-Lack	100
Resocel 100, härtbar, 0,06 mm dick	7000

Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß die Probe durch die freiwerdende Kondensationswärme unzulässig erwärmt wird, so daß unter Umständen an Stelle von Kriechwegbildung ein Wärmedurchschlag erfolgt. Isolierstoffe, die bei diesem Verfahren ungünstige Werte liefern, können also im Bereich niedriger Spannungen durchaus ein brauchbares Kriechstromverhalten zeigen. Es sollte möglich sein, diesen Sachverhalt durch Meßergebnisse aus der Praxis zu belegen.

Der zuvor erwähnte Mangel der Dampfprobe dürfte sich beseitigen lassen, wenn man eine mit Feuchtigkeit gesättigte Atmosphäre ohne wesentliche Erhöhung der Temperatur erzeugt, z. B. durch Verdampfen des Wassers im Vakuuum einer Wasserstrahlpumpe o. ä.

Eine abschließende Betrachtung dieser Prüfverfahren zeigt, daß es sinnvoll ist, von einer Kriechstromfestigkeit bei Hochspannung und einer solchen bei Niederspannung zu sprechen. Während zur Kriechwegentstehung im ersten Falle nur ein Feuchtigkeitsniederschlag auf der Oberfläche des Isolierstoffs erforderlich ist, sind im zweiten Falle noch zusätzliche Einflüsse maßgebend, in erster Linie der Elektrolytgehalt des Feuchtigkeitsniederschlags. In diesem Zusammenhang muß auf Untersuchungen von W. Estorff [21] hingewiesen werden, die sich mit den Gefahren bei der Verschmutzung von Hochspannungsisolatoren befassen. U. a. maß dieser Verfasser laufend die Zunahme der Leitfähigkeit von destilliertem Wasser, welches in offenen Schalen im Industriegelände aufgestellt war. Das verunreinigte Wasser erreichte innerhalb von 30 Tagen Leitfähigkeiten bis zu  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$  (vgl. 0,5%ige Nekal-Lösung  $\kappa = 2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ , Leitungswasser in Darmstadt  $\kappa = 500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Versuche über die Kriechwegbildung bei Niederspannung unter atmosphärischen Einflüssen machte E. F. Richter [22]. Als Witterungsbeständigkeit gilt die Zahl der Tage bis zur Zerstörung der Probe durch Kurzschluß. Sie betrug 20 ... 605 Tage für Normstäbe vom Typ 31.

**4. Die Lichtbogenfestigkeit der Isolierstoffe und ihre Beziehung zur Kriechstromfestigkeit**

Die Frage, ob ein leitender Kriechweg überhaupt entstehen kann, hängt im wesentlichen davon ab, ob der Isolierstoff bei plötzlicher thermischer Überbeanspruchung (Abreißfunken, Fußpunkt einer Gasentladung) leitende Zersetzungsprodukte bildet oder nicht. Dieser zweite Teil der Kriechwegentstehung wird also durch die Lichtbogenfestigkeit bestimmt. Das zur Prüfung dieser Eigenschaft vorgesehene deutsche Verfahren [1] stuft sämtliche Isolierstoffe in 6 Gruppen ein [23], wobei den Kunststoffen lediglich die

Gruppen L 1 und L 4 vorbehalten bleiben. Da nur die Höchstgeschwindigkeit für das Auseinanderziehen der als Elektroden dienenden Kohlen vorgeschrieben ist, können organische Isolierstoffe durch entsprechend lange Lichtbogenwirkung praktisch in beliebigem Ausmaße thermisch zerstört werden. Die Qualität kann also nicht genauer abgestuft werden, wie es angesichts der vielen neuen als Isolierstoff brauchbaren Kunststoffe erforderlich wäre.

Eine wesentlich bessere Kennzeichnung ermöglicht das amerikanische Prüfverfahren [24], welches ausführlich im Normenheft 14 des Deutschen Normenausschusses beschrieben ist [25]. Das Verfahren geht auf eine grundlegende Veröffentlichung von H. H. Race und F. W. Warner [26] zurück, in der die gute Reproduzierbarkeit der erhaltenen Meßwerte und die Überlegenheit gegenüber anderen Vorschlägen gezeigt wird. Abweichend vom amerikanischen Sprachgebrauch prüfte man in Deutschland hiernach die Funkenfestigkeit der Isolierstoffe [16]. Auf die Oberfläche des Isolierstoffs werden 2 Elektroden aus Wolfram von 2,4 mm Dmr. aufgesetzt (Bild 3), zwischen denen durch eine Spannung von 12,5 kV ein Hochspannungs-Lichtbogen von 10 ... 40 mA Stromstärke, im ersten Teil der Prüfung mit genau vorgeschriebenen zeitlichen Unterbrechungen, erzeugt wird (Schaltung des Prüfgerätes s. Bild 4). Gemessen wird die Zeit, bis sich ein leitender Pfad längs der Oberfläche bildet und der Lichtbogen im Stoff verschwindet (Lichtbogenfestigkeits-Zeit). Nach dem Abkühlen der Probe wird die Durchbruchsspannung des Lichtbogenpfades ermittelt.

Das amerikanische Verfahren zeigt deutlich das Bestreben, durch weitgehende Automatisierung individuelle Einflüsse auf den Prüfwert zu beseitigen. Tafel 3 [27] gibt neben einigen wichtigen elektrischen Eigenschaften einen Überblick der Lichtbogenfestigkeits-Zeiten von Kunststoffen.

Betrachtungen über die Kriechspurbildung (englische Bezeichnung „tracking“) unter Einwirkung eines Hochspannungslichtbogens werden von H. Warren [28] angestellt, der zu folgender Anschauung kommt: An der Kathode

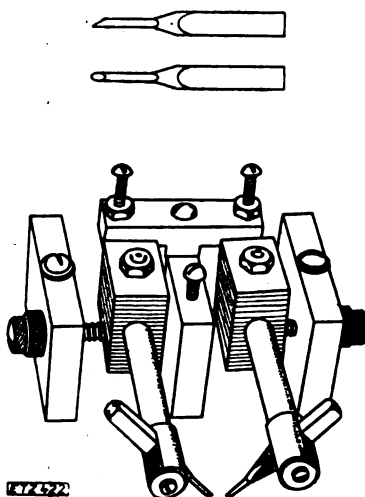


Bild 3. Elektroden und Prüfkörperhalter zur Bestimmung der Lichtbogenfestigkeit (amerikan. Verfahren).

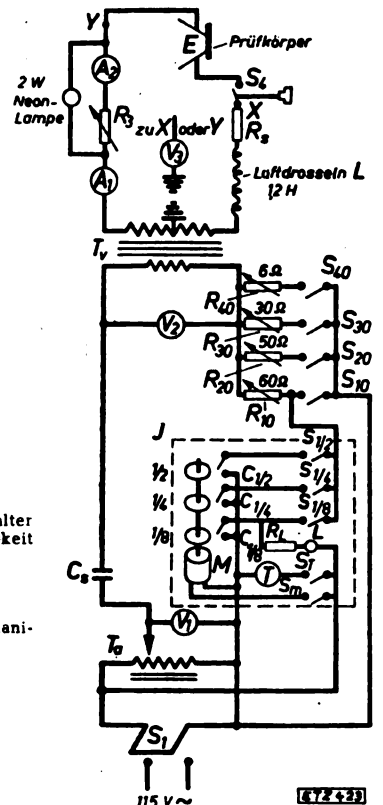


Bild 4 (rechts). Schaltung des amerikanischen Prüfgerätes (Bild 3).

schmiegt sich der Lichtbogen der Isolierstoff-Oberfläche an, während er an der Anodenseite emporsteigt, um eine Vergrößerung des Spannungsgradienten durch Abkühlung zu verhindern. Infolgedessen sitzt der Anodenfleck auf der Metallelektrode etwas oberhalb der Isolierstoffoberfläche.

Tafel 3. Elektrische Eigenschaften von Kunststoffen nach Modern Plastics Encyclopedia 1950 [27].

Kunststoff	spez. elektr. Widerstand $\Omega$ cm	tg $\delta$ bei $10^3$ Hz	Lichtbog-Fertigk.-Zeit s
Phenolharz-Preßstoffe (mit u. ohne Füllstoff)	$10^8 \dots 10^{14}$	0,01 ... 0,3	Kriechspuren
Phenol-Gießharz (ohne Füllstoff)	$10^{12} \dots 10^{13}$	0,01 ... 0,05	200 ... 250
Harnstoffharz (Zellulose als Füllstoff)	$10^{12} \dots 10^{13}$	0,025 ... 0,035	100 ... 150
Melaminharz (Zellulose als Füllstoff)	$10^{12} \dots 10^{14}$	0,015 ... 0,036	110 ... 180
(Gewebeschitzel als Füllstoff)	$10^8 \dots 10^{10}$	0,03 ... 0,05	115 ... 125
Glyphtalharz (gegossen)	$>10^{14}$	0,006 ... 0,008	250 ... 270
„Epoxy“-Harz (ungefüllt)	$10^{10} \dots 10^{17}$	0,005	200
Vinylchlorid-Azetat (Mischpolymerisat, ohne Weichm. u. Füllstoff)	$10^{10}$	0,011 ... 0,013	60 ... 80
Polyester-Harz, hart	—	0,005 ... 0,025	125
Polyester-Harz, weich	—	0,016 ... 0,019	135
Polyester-Harz mit mineral. Füllstoff	—	—	$>190$
Methyl-Methacrylat	$10^{14} \dots >10^{15}$	0,03 ... 0,06	ohne Kriechsp.
Polystyrol	$10^{17} \dots 10^{19}$	0,0001 ... 0,0003	60 ... 135
Polyäthylen	$>10^{13}$	$<0,0005$	135
Polymonochlor-Trifluoräthylen	$1,2 \cdot 10^{12}$	0,024	$>360$
Polytetrafluoräthylen	$10^{16}$	$<0,0002$	$>200$
Nylon	$4 \cdot 10^{14} \dots 4 \cdot 10^{14}$	0,02 ... 0,18	130 ... 140
<b>Schichtpreßstoffe</b>			
	Isolations-Widerst. $M\Omega^2$	tg $\delta$ bei $10^4$ Hz	Lichtb.-Fertigk.-Zeit s
Melaminharz m. Glasgewebe	30 ... 1 500	0,011 ... 0,013	175 ... 190
Silicon-Kunststoff mit Glasfaser	1 ... 10 000	0,0012 ... 0,0020	150 ... 250
Polyesterharz mit Glasfaser	—	—	80 ... 120
Phenolharz mit Papier (Hartpapier)	35 ... 5 800	0,02 ... 0,08	Kriechspuren
Baumwollgewebe (Hartgew.)	10 ... 1 000	—	8 ... 40
Nylongewebe	30 000 ... $10^6$	0,014	8 ... 40
Glasfaser	25 ... 500	0,01 ... 0,03	Kriechspuren

Durch Überhitzung bilden sich an der Kathode leitende Kohlespuren, die eine neue, näher an der Anode gelegene Kathode bilden. Dieser Vorgang setzt sich in kurzer Zeit bis zur Anode fort.

Die geringe Lichtbogenfestigkeit der Phenolharze führt Warren auf den hohen Kohlenstoffgehalt (bis zu 89 Gew.-%) dieser Stoffe zurück, welcher eine vollständige Verbrennung verhindert und damit zu leitenden Kohleresten führt. Mineralische Füllstoffe setzen den Kohlenstoffgehalt des Isolierstoffs herab und erhöhen die Lichtbogenfestigkeit. Allerdings kann man in diesem Zusammenhang die relativ hohe Lichtbogenfestigkeits-Zeit (s. Tafel 3) von Polystyrol (92 Gew.-% Kohlenstoffgehalt) und von Phenolgießharz nicht einordnen. Völlig anders liegen die Verhältnisse bei den mit der Dampfprobe gemessenen Zeitwerten (s. Tafel 2). Hiernach ist Polystyrol als kriechstromfest anzusprechen, während Phenol-Gießharz nach wenigen Sekunden Kriechwegbildung zeigt. Die Lichtbogenfestigkeits-Zeit liefert also keine allgemeingültige Aussage über das Kriechstromverhalten.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Am Ausgangspunkt der Kriechwegbildung steht die thermische Überbeanspruchung der Isolierstoff-Oberfläche, die infolge verschiedenartiger Vorbedingungen von unterschiedlicher Natur und Wirkung sein kann. Aus diesen Gründen sind mehrere Prüfverfahren erforderlich, um das Verhalten eines Isolierstoffs vollständig und richtig beurteilen zu können. Hierbei scheint folgende Einteilung nach der Art der Kriechwegentstehung sinnvoll:

1. Durch wiederholte Funkenentladungen oder einen Lichtbogen hoher Spannung und niedriger Stromstärke brennt ein Kriechweg in die Oberfläche ein. Der Isolierstoff

wird auf Lichtbogenfestigkeit bei Hochspannung beansprucht. Diese Eigenschaft läßt sich nach Art des amerikanischen Verfahrens prüfen.

2. Der Kriechweg brennt durch Lichtbögen niedriger Spannung ein, ähnlich wie sie in Niederspannungs-Schaltgeräten als Abreißbögen auftreten. Der Isolierstoff wird auf Lichtbogenfestigkeit bei Niederspannung beansprucht. Das hierfür vorgeschriebene deutsche Prüfverfahren [1] weist einige Nachteile auf.

3. Der Kriechweg bildet sich unter Hochspannung als Fußpunktspur einer Gasentladung, die durch Feuchtigkeit auf der Isolierstoff-Oberfläche zustandekommt. Der Isolierstoff wird auf Kriechstromfestigkeit bei Hochspannung beansprucht. Man kann in Anlehnung an die Dampfprobe der Micafil prüfen.

4. Der Kriechweg wird bei Niederspannung durch den Trennfunkens gezündet, welcher beim Zerreißen einer elektrolytisch leitenden Flüssigkeitsschicht zwischen den Elektroden entsteht. Der Isolierstoff wird auf Kriechstromfestigkeit bei Niederspannung beansprucht. Zur Prüfung kommt unter Umständen das Tauchverfahren in Betracht.

Neben der eigentlichen Forschungsarbeit über die Kriechwegbildung wird es Aufgabe der nächsten Zeit sein, die Prüfverfahren auf einen neuzeitlichen Stand zu bringen. Der Fachnormenausschuß Kunststoffe bittet hierbei um Unterstützung seiner Arbeit durch alle interessierten Kreise aus Forschung und Technik. Zum Schluß möchte der Verfasser allen Herren des Fachnormenausschusses Kunststoffe, die ihm Hinweise und Anregungen für diese Zusammenstellung gaben, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Suhr, herzlich danken.

Schrifttum

- [1] VDE 0303/XII.40 (DIN 57 303) Leitsätze f. elektr. Prüf. von Isolierstoffen.
- [2] H. v. Cron: Zu den Begriffen Kriechstrom und Kriechweg. ETZ 63 (1943) S. 324.
- [3] H. Höpp: Die Isolierung der Niederspannungsschaltgeräte mit neuzeitlichen Isolierpreßstoffen. ETZ 59 (1938) S. 440.
- [4] H. Höpp: Kriech- und Luftstrecken an Niederspannungs-Schaltgeräten. ETZ 63 (1942) S. 82.
- [5] R. Vieweg u. H. Klingelhöffer: Ursache u. Natur der Kriechströme. ETZ 63 (1942) S. 237.
- [6] VDE 0110/XII.44 (DIN 57 110) Vorschriften für die Bemessung der Kriech- und Luftstrecken elektrischer Betriebsmittel.
- [7] Normen des Vereins Schweizerischer Maschinenindustrieller. VSM 77 114 v. Nov. 1948.
- [8] K. Nerz: Zur Kriechstromerscheinung bei Kunststoffen. Kunststoffe 28 (1938) S. 85.
- [9] H. Stäger, R. Sängler u. W. Siegfried: Neue Untersuchungen an Phenoplasten. Helv. phys. Acta 12 (1939) S. 36.
- [10] Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 4 (1938) S. 111.
- [11] H. Stäger u. W. Siegfried: Über Kriechwegbildung und Kriechstromfestigkeit. Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 7 (1941) S. 93.
- [12] H. Stäger, W. Bädert u. B. Frischmut: Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 9 (1943) S. 261 u. 314.
- [13] H. Klingelhöffer: Stromleitung über die Oberfläche von Kunststoffen. Habilitationsschrift T. H. Darmstadt 1942.
- [14] R. Vieweg u. H. Klingelhöffer: Vorgänge an äußeren und inneren Grenzflächen von Kunststoffen. Kunststoffe 33 (1943) S. 173.
- [15] H. v. Cron: Über Kriechspurbildung auf Isolierstoffen bei Hochspannung. Arch. Elektrotechn. 37 (1943) S. 123.
- [16] G. Pfestorf u. E. F. Richter: Beitrag zum Kriechstromproblem. Kunststofftechn. 12 (1942) S. 1.
- [17] R. Nitsche u. G. Pfestorf: Prüfung und Bewertung elektrischer Isolierstoffe. Verlag J. Springer, Berlin 1940.
- [18] Swedish Electrical Commission, SES — P — 32, June 1946.
- [19] E. F. Richter: Über die Kriechstromsicherheit von Installationsstellen aus Isolierpreßstoff vom Typ S. Kunststofftechn. 12 (1942) S. 207.
- [20] H. Kappeler: Ermittlung der Kriechstromfestigkeit bei Hochspannung. Micafil Nachr. 1945.
- [21] W. Estorff: Die Bedeutung der Isolationsbemessung für den Betrieb elektrischer Hochspannungsanlagen. Elektrizitätswirtschaft 41 (1942) S. 98.
- [22] E. F. Richter: Beitrag zum Kriechstromproblem. III. Kunststoffe 34 (1944) S. 137.
- [23] W. Krassowsky: Zum Vorschlag einer neuen Stufung der Lichtbogenfestigkeit in VDE 0303. ETZ 61 (1940) S. 447.
- [24] ASTM D 495 — 48 T. Tentative Method of Test for High-Voltage Low-Current Arc Resistance of Solid Electrical Insulating Materials.
- [25] W. Krassowsky: Elektrische Prüfung von Kunststoffen nach amerikanischen Normen. Deutscher Normenausschuß, Normenheft 4. Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin und Köln 1950. Besprochen in ETZ 71 (1950) S. 604.
- [26] H. H. Race and F. W. Warner: Measuring the Arc-resistance of Insulating Materials in Air. Gen. Electr. Rev. 38 (1935) S. 97.
- [27] Modern Plastics Encyclopedia and Engineer's Handbook. New York 1950; S. 1056 u. 1060.
- [28] H. Warren: Insulation. J. Inst. electr. Engrs. 87 (1940) S. 588.

\* Zuschriften an Herrn Dipl.-Ing. Suhr, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Dienststelle II—5, (1) Berlin-Charlottenburg 2, Werner-Siemens-Str. 8—12.

\* ASTM D 257—46.

## Zur Definition der Schiefast von Drehstromgeneratoren

Von O. Löbl, Essen

DK 621.313.3.016.313

**Übersicht.** Die von Herrn Dr. Happoldt<sup>1</sup> vorgeschlagene Definition für die Schiefast sowie andere in Gebrauch befindliche Definitionen werden besprochen.

Anlässlich der Neufassung der Regeln für elektrische Maschinen (VDE 0530) soll infolge der zunehmenden Bedeutung der Schiefast von Drehstromgeneratoren auch eine Definition dieser Größe aufgenommen werden. Der Verfasser hat der zuständigen VDE-Kommission die Definition zur Annahme empfohlen, die das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk bei seinen Bestellungen großer Drehstromgeneratoren verwendet. Da Herr Dr. Happoldt eine andere Definition vorgeschlagen und in dieser Zeitschrift veröffentlicht hat, so seien beide und einige andere häufig benutzte Definitionen hier auf ihre Tauglichkeit untersucht.

Gegeben sei ein Drehstromgenerator, der mit den drei ungleichen Strömen (Phasenströmen)  $I_1, I_2, I_3$  belastet sei. Diese unsymmetrische Belastung kann man sich stets entstanden denken aus einer symmetrischen Drehstromlast und einer einzigen zusätzlichen Einphasenlast (Bild 1). In Wirklichkeit kann die Unsymmetrie auch anders hervorgerufen sein, z. B. durch drei auf die Phasen verteilte, aber verschieden große Einphasenlasten. Es handelt sich also in Bild 1 um eine äquivalente Einphasenlast.

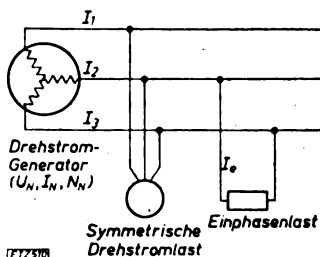


Bild 1. Beliebige unsymmetrische Belastung als Summe einer symmetrischen Drehstromlast und einer Einphasenlast.

### Vorschlag Happoldt

Herr Dr. Happoldt definiert als Schiefast das Verhältnis des (äquivalenten) Einphasenstroms  $I_e$  zum Nennstrom  $I_N$  des Generators, also

$$s = \frac{\text{Einphasenstrom}}{\text{Nennstrom}} = \frac{I_e}{I_N} \quad (1)$$

Der Einphasenstrom ist aus den drei verschieden großen Phasenströmen  $I_1, I_2$  und  $I_3$  leicht konstruierbar. Man zeichnet aus diesen Strömen das (schraffierte) Dreieck  $ABC$  und errichtet über einer Dreiecksseite, z. B. über  $BC$ , das gleichseitige Dreieck  $A'BC$ . Dann stellt die (punktierete) Strecke  $AA'$  den Einphasenstrom dar (Bild 2).

Diese Definition besticht durch ihre Einfachheit und Anschaulichkeit. Man erkennt auch, wie der Ausdruck Schiefast entstanden ist, nämlich durch die im allgemeinen schiefe Strecke  $AA'$ . Ihre Größe ist einfach zu ermitteln. Auch erfüllt die Definition die notwendige Bedingung der Eindeutigkeit.

### Die vom RWE benutzte Definition

Das RWE benutzt in seinen Kaufverträgen jedoch eine andere Definition. Die Schiefast wird definiert als das Verhältnis von Inversstrom des Generators zu dessen Nennstrom:

$$s = \frac{\text{Inversstrom}}{\text{Nennstrom}} = \frac{I_j}{I_N} \quad (2)$$

Der Inversstrom ist die Gegenkomponente des Drehstromsystems, wenn man dieses in symmetrische Komponenten zerlegt. Er ist gleich dem  $\sqrt{3}$ ten Teil des Einphasenstroms. Zwischen beiden Definitionen besteht also die einfache Beziehung

$$s = \frac{S}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

Sie sind somit ohne weiteres ineinander umrechenbar und insofern gleichwertig.

Die Definition (2) erscheint auf den ersten Blick unständlicher, da der Inversstrom nicht so anschaulich ist. Sie besitzt aber eine Reihe von Vorzügen. Die Schiefast soll ein Maß sein für die thermische Belastung der Dämpferwicklung. Die Ströme in dieser Wicklung werden vom inversen Drehfeld erzeugt, das im Luftspalt des Generators gegen den Drehsinn des Induktors umläuft. Dieses inverse Drehfeld wiederum wird vom Inversstrom hervorgerufen. Es ist daher nur naturgemäß, daß dieser Strom auch zur Definition herangezogen wird.

Ein zweiter Vorzug der Definition (2) ist darin zu sehen, daß sie zugleich das Verhältnis der Einphasenlast des Generators zu seiner Nennleistung wiedergibt. Multipliziert man nämlich die Gl. (2) mit der verketteten Nennspannung  $U_N$ , so wird

$$s = \frac{U_N I_i}{U_N I_N} = \frac{U_N I_e / \sqrt{3}}{N_N / \sqrt{3}},$$

also

$$s = \frac{N_e}{N_N} \quad (4)$$

Hierin ist also  $N_e$  die Einphasenlast und  $N_N$  die Nennleistung des Drehstromgenerators, beides als Scheinleistung, also in kVA oder MVA.

Unter einer Schiefast von 20% eines Drehstromgenerators von 40 MVA versteht man somit nach dieser Definition eine einphasige Belastung von  $0,2 \cdot 40 = 8$  MVA. Dieser einfache Zusammenhang zwischen Schiefast und Einphasenlast ist besonders anschaulich, einprägsam und natürlich. Meist stellt sich ja auch die Aufgabe so, daß man wissen will, welche Einphasenbelastung an einem betreffenden Netzpunkt angeschlossen werden kann. Und diese ist nicht als Stromstärke gegeben, wozu man überdies die Betriebsspannungen kennen muß, sondern eben als Anschlußwert in kVA oder MVA. Für die praktischen Bedürfnisse dürfte also gerade die einfache Beziehung (4) sehr zugunsten der RWE-Definition sprechen. Diese Beziehung setzt allerdings Gleichheit der drei verketteten Spannungen voraus, was beim regulären Betrieb im allgemeinen zutrifft. Sind diese Spannungen jedoch verschieden groß oder eine gar Null, wie im Falle eines zweipoligen einphasigen Kurzschlusses, so genügt Gleichung (4) nicht. Man muß dann direkt auf die Definition (2) zurückgehen und beachten, daß der Inversstrom nur der  $\sqrt{3}$ te Teil des genannten Kurzschlußstromes ist, und nicht einen Strom. Daher ist die Bezeichnung Schiefast von z. B. 20% durch Fahren im zweipoligen einphasigen Kurzschluß und ist der Nennstrom des Drehstromgenerators 2000 A, so ist ein Kurzschlußstrom von  $20\% \cdot 2000 \cdot \sqrt{3} = 700$  A einzustellen.

Drittens spricht für den RWE-Vorschlag ein sprachlicher Gesichtspunkt. Unter Last versteht man eine Leistung und nicht einen Strom. Daher ist die Bezeichnung Schiefast für die Happoldtsche Definition irreführend. Die so definierte Größe müßte Schiefstrom heißen, da darunter der (äquivalente) Einphasenstrom verstanden wird (vgl. Bild 2). Die RWE-Definition der Schiefast bezieht sich aber tatsächlich gemäß Gl. (4) auf eine Leistung, nämlich auf die (äquivalente) Einphasenlast.

Bisher haben wir stillschweigend vorausgesetzt, daß die vektorielle Summe der drei Phasenströme  $I_1, I_2$  und  $I_3$  Null ist, daß sie also ein geschlossenes Dreieck bilden (schraffierte Dreiecke  $ABC$  in den Bildern 2 bis 4). Betrachtet man aber auch Fälle, bei denen über einen Isolationsfehler der Ständerwicklung oder auch über den Sternpunkt des Generators ein Strom fließt, der sich außerhalb des Generators schließt, so wird der Generator ebenfalls schief belastet. Aber die Konstruktion des Dreiecks  $ABC$  würde ein falsches Ergebnis liefern, da der Fehlerstrom nicht berücksichtigt ist. Die Happoldtsche Definition bezieht sich also nur auf einen Sonderfall.

<sup>1</sup> H. Happoldt: Die Schiefast von Drehstromgeneratoren. ETZ 72 (1951) H. 1, S. 6.

Liegt eine solche Störung nicht vor, jedoch eine unsymmetrische Belastung im Netz, bei der Erdströme auftreten, wie beim kapazitiven Erdschluß oder beim Erdkurzschluß, so kann man zwar für die Generatorströme das Dreieck ABC zeichnen, nicht aber für die Netzströme. Die schiefe Belastung von Netz und Transformator wie überhaupt die Netzkurzschlüsse kann man in befriedigender Weise nicht ohne

last wäre dann stets 100%, gleichgültig, wie groß die Einphasenlast ist, also auch bei der kleinsten Einphasenlast. Weiter setzt die Definition voraus, daß die Schiefeit der Belastung nur vom Verhältnis  $I_{min}/I_{max}$  bestimmt wird. Ob dieses Verhältnis 600 A/800 A oder 60 A/80 A beträgt, würde nichts ausmachen. Beide Male wäre die Schiefeit 25%. Außerdem würde die Größe der Maschine, oder genauer ihr Nennstrom keine Rolle spielen. Da dies alles nicht zutrifft, so ist die Definition A verfehlt.

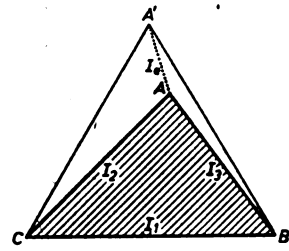


Bild 2. Zerlegung der unsymmetrischen Belastung ABC in eine symmetrische Drehstrombelastung A'BC und einen Einphasenstrom A'A.

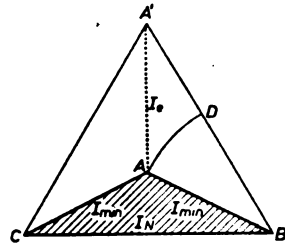


Bild 3. Zur Definition B.

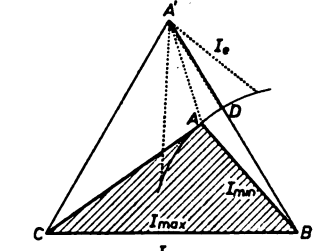


Bild 4. Zur Definition C.

Zuhilfenahme von symmetrischen Komponenten behandeln. Hier tritt also von selbst der Inversstrom in Erscheinung, während der Schiefstrom ein fremdes Element ist. Der Happoldtsche Vorschlag hätte also zur Folge, daß Generator und Netz nach verschiedenen Methoden untersucht werden, so daß die Einheitlichkeit des Verfahrens bei ein und demselben Problem unnötigerweise verlorengeinge.

Schließlich spricht noch folgender Umstand für die Definition mit dem Inversstrom. Die Dämpferwicklung wird auch von den Ober- und Unterwellen der Netzströme thermisch beansprucht, z. B. durch den Anschluß von Stromrichtern. Die hierdurch in den Drehstromgeneratoren hervorgerufenen parasitären Drehfelder wirken auf die Dämpferwicklung in derselben Weise wie das inverse Drehfeld. Man kann also den Einfluß des Verzerrungsstromes mit dem des Inversstromes vergleichen und gewinnt so ein einfaches Maß für die Rückwirkung der Stromwellen auf die Generatoren<sup>2</sup>. Die zulässige Grenze der Schiefeit im Sinne der hier vorgeschlagenen Definition bestimmt somit zugleich die zulässige Grenze der Verzerrungslast.

Es sind also eine Reihe von guten Gründen, die die vom RWE benutzte Definition empfehlen.

**Andere Definitionen**

Der Vollständigkeit halber seien noch drei andere im Gebrauch befindliche Definitionen besprochen. Die Definitionen A und B stammen von zwei Großfirmen, C aus den Lieferbedingungen der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke und des Zentralverbandes der Deutschen Elektrotechnischen Industrie. Ebenso wie die Happoldtsche Definition gehen sie auf den Schiefstrom aus statt auf die Schiefeit und gelten überdies nur für den Sonderfall fehlenden Nullstromes. Hiervon abgesehen sind sie deswegen untauglich, weil die definierte Größe aber auch vom Schiefstrom mehr oder weniger stark abweicht.

Definition A: „Unter Schiefeit ist die Differenz zu verstehen zwischen höchstem und niedrigstem Phasenstrom dividiert durch den höchsten Phasenstrom, wobei dieser die Nennstromstärke nicht überschreiten darf“.

Zunächst ist zu bemerken, daß der Nebensatz nicht in die Definition gehört. Ist  $I_{max}$  der höchste Phasenstrom und  $I_{min}$  der niedrigste, so wird hier die Schiefeit definiert durch den Ausdruck

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}}$$

Zur Beurteilung dieser Definition betrachten wir den Sonderfall reiner Einphasenlast, also  $I_{min} = 0$ . Die Schiefeit

<sup>2</sup> Vgl. O. Löbl: Über die Rückwirkungen der Unterwellen und Oberwellen von Umrichtern auf das Drehstromnetz, insbesondere auf die Dämpferwicklungen der Kraftwerksgeneratoren. Vortrag, gehalten auf Einladung der Arbeitsgemeinschaft für Bahnstromversorgung in Bayern, Mai 1949. — In diesem Vortrag wurde die hier vorgeschlagene Definition der Schiefeit verwendet.

Definition B: „Unter einer Schiefeit von x% ist eine Belastung zu verstehen, bei der der Strom der höchstbelasteten Phase gleich dem Nennstrom ist, während die Ströme der beiden anderen Phasen x% kleiner als der Nennstrom sind“.

Hier ist die Größe der Schiefeit nur für den Sonderfall anzuwenden, bei dem eine Phase Nennstrom führt, während die beiden anderen Phasenströme einander gleich, aber kleiner als der Nennstrom sind. Eine Definition für den allgemeinen Fall, bei dem alle drei Phasenströme ungleich und vom Nennstrom verschieden sein können, liegt also nicht vor. Nicht einmal der Fall reiner Einphasenlast (ein Phasenstrom gleich Null) ist einbegriffen. Aber auch in dieser engen Fassung ist die Definition ungeeignet. In Bild 3 ist der Nennstrom  $I_N$ ;  $BA = AC$  sind die beiden gleich, die kleineren Ströme  $I_{min}$ . Dann ist die Schiefeit nach Definition B gleich

$$\frac{I_N - I_{min}}{I_N}$$

Da  $BA'$  ebenfalls gleich  $I_N$  ist, so wäre die Schiefeit gleich  $A'D/A'B$  also proportional  $A'D$ . Da die Schiefeit aber tatsächlich proportional  $A'A$  ist, stimmt die Definition für keine Lage des Punktes A. Der Fehler wird umso größer, je weiter A von A' entfernt liegt. Die Definition B ist also nicht einmal für den speziellen Fall brauchbar.

Definition C: „Die zulässige Ungleichheit der Phasenbelastung beträgt x% bei Nennlast, wobei vorausgesetzt wird, daß der Strom in der höchstbelasteten Phase den Nennstrom nicht überschreitet“.

Offenbar fehlen hinter „x%“ die Worte „des Stromes“. Dann wäre die Schiefeit definiert durch

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_N}$$

Diese Definition unterscheidet sich vorteilhaft von der Definition A durch die Bezugnahme auf den Nennstrom. Sie ist aber schon deswegen ungeeignet, weil sie nicht eindeutig ist. Wie nämlich Bild 4 zeigt, sagt diese Definition aus, daß die Schiefeit bei gegebenen Werten für  $I_{max}$  und  $I_{min}$  proportional der Strecke  $A'D$  sei, während sie in Wirklichkeit von der Lage des Punktes A auf dem gezeichneten Kreisbogen um B abhängt, also proportional den punktierten Strecken ist. Auch die Definition C ist also nicht geeignet.

**Zusammenfassung**

Es werden die Gesichtspunkte erörtert, die für und gegen die Happoldtsche Definition der Schiefeit sprechen. Diese Definition ist sehr anschaulich und hat gegenüber den anderen bekanntgewordenen Definitionen viele Vorzüge. Sie gilt jedoch nur für den Sonderfall fehlender Nullströme und hat auch sonstige Mängel. Demgegenüber greift die vom RWE benutzte Definition unmittelbar auf die Vorgänge im Generator zurück, ist daher allgemeingültig und ermöglicht eine einheitliche Betrachtungs- und Rechnungsweise falls man sowohl den Generator als auch Transformator und Netz ins Auge faßt. Aus diesen Gründen wurde sie auch der zuständigen VDE-Kommission zur Aufnahme in die neugefaßten Regeln für elektrische Maschinen (VDE 0530) empfohlen.



## Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1951

Von B. Vollrath, Wuppertal

DK 621.3 (061.4)

Wie im Vorjahr stellten die volkseigenen Betriebe der Ostzone den umfangs- und bedeutungsmäßig weitaus größten Teil der Aussteller dar. Westdeutsche Firmen waren kaum noch zu finden, auch Besucher aus Westdeutschland waren nur sehr wenige gekommen. Das östliche Ausland, vor allem die Sowjetunion (die eine eigene Messehalle auf dem Ausstellungsgelände besitzt), war durch Gemeinschaftsausstellungen vertreten, die vor allem repräsentativen Charakter hatten. So war die Leipziger Messe praktisch allein ein Schaufenster für Ostdeutschlands Industrie (Bild 1).



Bild 1. Blick in den Kopfteil der Halle VII (Elektrotechnik) auf der Leipziger Frühjahrsmesse.

Als Gesamteindruck der Messe resultiert, daß die Fabriken mit einer starken Rohstoffknappheit zu kämpfen haben. Vor allem das in der Elektrotechnik so wichtige Nichtisenmetall (Kupfer), aber auch Stahl und Dynamoblech sind Engpässe. So mußten die Werke im vergangenen Wirtschaftsjahr ihr Hauptaugenmerk darauf richten, aus den zugewiesenen Rohstoffen möglichst viele Maschinen und Geräte zu bauen, um den starken Nachholbedarf einer wieder aufbauenden Industrie decken zu können. Die Messe bot daher nur wenige wirkliche Neuentwicklungen, aber viele rationelle Neukonstruktionen, und außerdem waren zahlreiche wirtschaftliche Bemühungen um Ausweichstoffe bemerkbar. Es ist festgestellt, daß der vorjährigen Frühjahrsmesse gegenüber Qualität und Zuverlässigkeit der meisten ausgestellten Erzeugnisse verbessert werden konnten.

Bei den elektrischen Maschinen, vor allem Motoren, treten die große volkseigene Vereinigung VEM, deren Baureihen vervollkommen. Man sah offene, halbgeschlossene und geschlossene Motoren in allen Größen und für alle Sonderzwecke. Deutlich festzustellen war die Tendenz, kleinere Abmessungen zu bauen, also Kupfer und Elektroblech zu sparen und dafür besser zu kühlen. VEM stellte einen Schweißumformer aus, der nur 45% Kupfer gegenüber dem Vorläufer mit gleicher Leistung enthielt; außerdem eine Gleichstrommaschine in Gußkonstruktion für 63 kW, 3000 U/min, mit verbesserter Lüftung, bei der 30 Gewichtsprozent eingespart werden konnten.

Die größten ausgestellten Maschinen waren ein 6 kV Spannungsmotor für 1000 kW (VEM) und ein Prüffeldtransformer mit einer Drehstrom-Synchronmaschine 5000 V, 580 ... 6000 V, gekuppelt mit zwei Gleichstrommaschinen 1000 kW, 220 V (Sachsenwerk, Radeberg). Als Gegenstück zu VEM einen Schallplattenmotor, der beträchtlich kleiner als seine zweigängige Schnecke ist und 15 W aufnimmt. Bemerkenswert ist, daß Motor und Antriebswelle fest verbunden sind, der Motor also den Auslauf des Plattentellers mitmacht.

Die Schweißtechnik wird vor allem durch die VEM-Alberg Elektroden und Maschinen GmbH. in der VEM re-

präsentiert. Dieses Werk zeigte einen Wechselstrom-Blankdraht-Schweißautomaten „Maulwurf“ vorwiegend zum Schweißen unter Pulver nach dem Linde-Verfahren mit Stromstärken bis 2000 A. Der Schweißdraht ist auf einer Trommel aufgewickelt. Wagen- und Drahtvorschub sind einstellbar. Neu ist, daß der Schweißdraht jetzt auch in der Ostzone selbst hergestellt wird. Eine halbautomatische Schweißmaschine, das „Hohlkabelgerät“, bewegt den 2 mm starken Schweißdraht mit einer am Transformator angebrachten Vorschubeinrichtung durch ein isolierendes Hohlkabel über eine Stromzuführungsdüse zum Werkstück hin. Der Schweißer führt die Düse von Hand am Werkstück entlang. Die Lichtbogenlänge hält sich auch bei diesem Gerät selbsttätig konstant. — Daneben waren mehrere Schweißumformer ausgestellt.

Gleichrichter aller Art und Transformatoren sah man recht zahlreich, ohne Neuheiten zu finden. Der vor einem Jahr an dieser Stelle beschriebene und abgebildete pumpenlose Eisenstromrichter<sup>1</sup> der Elektro-Apparate-Werke Treptow AT (früher AEG) wurde unverändert im Zusammenbau mit einem Schalt- und Regelschrank ausgestellt. Ein VEM-Betrieb (früher AEG) hat einen kombinierten Strom- und Spannungswandler für 400 kV mit 2 Kaskaden entwickelt. Der Spannungswandler gehört zur Klasse 0,5, übersetzt von 400 000 auf 100 V und ist für 600/4500 VA ausgelegt. Der Stromwandler, Klasse 1, hat das Übersetzungsverhältnis 1200/600/300 : 1 A, wird sekundär umgeschaltet, besitzt eine Überstromziffer > 15 und eine Leistung von 90 VA. Das Gerät hat eine Porzellanlänge von 3,50 m und ist insgesamt über 7 m hoch.

Ein weniger problematisches, aber doch sehr wichtiges Gebiet sind die Schaltgeräte. Gerade daran herrscht in Ostdeutschland noch ein fühlbarer Mangel. So ist nach Kriegsende die IKA (Vereinigung volkseigener Betriebe für Installationen, Kabel, Apparate) die erste Firma, die wieder einen Kleinölschutz 25 A und ein Druckknopfelement (z. B. zum Einbau in Werkzeugmaschinen, Steuertafeln und Pulste) serienmäßig bauen kann. Das Sachsenwerk stellte einen Freiluft-Olströmungsschalter, 600 MVA, mit Kurzschluß-Fortschaltung aus, der die Schaltbewegung Ein-Aus-Ein in 0,35 s durchführt. — Die gezeigten Steuerungsgeräte boten nichts Überraschendes. So hat die VEM in Zusammenarbeit mit dem Nagema-Betrieb Erfurt (vormals Topf) eine Steuerung für eine Kastenkeimtrommel (benötigt im Brauereigewerbe) entwickelt, an der die klare Steuersymbolik gefällt. Das Gerät enthält zur Programmsteuerung statt der üblichen Verzögerungsrelais motorische Laufwerke. — Recht praktisch ist noch eine Entwicklung der IKA für Kraftfahrzeuge: ein Scheibenwischermotor für Kraftfahrzeuge, der zu beliebigem Zeitpunkt ausgeschaltet werden kann; trotzdem bewegt sich der Wischerhebel weiter bis in die Parkstellung.

Die Entwicklung neuer Werkstoffe wird im Osten Deutschlands besonders nachdrücklich betrieben. Z. B. baut man bei Hescho in Kahla HF-Kerne, die dem Ferroxcube ähnliche Eigenschaften haben. Diese Kerne aus „Manifer“ besitzen höhere Permeabilitätswerte als Karbonyleisen. Folgende Sorten wurden bisher hergestellt:

1.  $\mu_{\text{Ring}} = 90 \pm 20$ , Grenzfrequenz 5 MHz
2.  $\mu_{\text{Ring}} = 50 \pm 10$ , Grenzfrequenz 20 MHz
3.  $\mu_{\text{Ring}} = 140 \pm 20$ , Grenzfrequenz 3 MHz

Vorbereitet werden:

4.  $\mu_{\text{Ring}} = 300 \pm 50$ , Grenzfrequenz 1,5 MHz
5.  $\mu_{\text{Ring}} = 800 \pm 200$ , Grenzfrequenz 0,5 MHz.

Dabei ist die 2. Sorte besonders für Kurzwellen bestimmt, Sorte 3. vor allem für Variometerkerne, auch Topfkernspulen. Sorte 5. soll in der Trägerfrequenztechnik verwendet werden.

<sup>1</sup> ETZ 71 (1950) S. 235.

In der gleichen Firma wurde das bereits vor einem Jahr gezeigte Epsilon weiterentwickelt. Daraus werden Durchführungskondensatoren für das Fernsehen mit Kapazitäten bis 50 000 pF bei kleinstem Volumen hergestellt. Dem Nachteil einer Temperaturabhängigkeit steht die weitgehende Induktivitätsfreiheit gegenüber.

Als Konkurrenz zum normalen Schwingquarz für Ultraschallgeneratoren baut ebenfalls das keramische Werk Hescho niederohmige Wandler aus Bariumtitanat, die nur Spannungen um 50 ... 200 V benötigen. Außer der Einsparung des Quarzes bringt das den Vorteil der viel bequemeren Zuleitung. Die unangenehmen Eigenschaften des Titan-dioxyds werden durch Zusetzen einiger anderer Oxyde gemildert. Diese Bariumtitanat-Schwinger werden durch Pressen hergestellt, man hat also eine einfache Formgebungsmöglichkeit. Auf dem Messestand der Hescho sah man z. B. rohrförmige Schwinger! Und noch eine günstige Eigenschaft: die Bariumtitanate sind breitbandiger als Quarze, man kann also bequem wobbeln.

Die gleiche Firma zeigte keramische Kabelausgleichskondensatoren, mit denen Kapazitätsunterschiede in Telefon- und Trägerstromkabeln symmetriert werden können. Dabei war man bisher auf Papierkondensatoren angewiesen. Die neuen Keramik-Kondensatoren sind bedeutend alterungsbeständiger.

Eine Spezialität der Hescho sind Langstab-Isolatoren. Jetzt sind sie zweigliedrig bis 220 kV im Betrieb; die Hescho entwickelt sie z. Zt. weiter in bezug auf mechanische Eigenschaften, so daß man diese Langstäbe in Zukunft auch zum Gerätebau (Stützer, Schalter) heranziehen kann. Es mag interessieren, daß die Stäbe mit 120 atü Innendruck geprüft werden. Auf dem Messestand war aus Langstabisolatoren ein eindrucksvolles Gerüst für 600 kV aufgebaut.

Ein anderes Werkstoffgebiet wird bei Siemens-Plania bearbeitet: die Kohle. Man sah Graphit-Formstücke für Quecksilberdampf-Gleichrichter, Gitterplatten, Anodenköpfe, sogar ein Rückschlagventil (statt aus V 2 A-Stahl). Dieser Werkstoff hat nur einen Aschegehalt von 0,05%. Kohlenstoffsteine sind ein absolut neutrales, indifferentes Material, sie haben eine beträchtlich größere Temperaturwechselbeständigkeit als Keramik, ihr fester Aggregatzustand endet bei etwa 3800 °C und geht dann unmittelbar in den gasförmigen über. Mit diesen Steinen kleidet man chemische Behälter und Apparate aus, neuerdings sogar Hochöfen.

Interessant sind die Wege, die beschritten werden, um in der Installationstechnik den Bedarf an Mangelstoffen zu vermindern (Bergmann-Rohr). Vor allem bei der volkseigenen Vereinigung IKA wurden verschiedene Kunststoffrohre entwickelt, vielfach auf der Basis des Polyvinylchlorids. Für Aufputzinstallationen verwendet man härtere, unter Putz weichere, biegsame Rohre. Diese neuen Installationselemente werden bereits seit einiger Zeit praktisch angewendet und haben ihre Probe zur Zufriedenheit bestanden. Vor allem die elektrischen Eigenschaften sind gut. Daneben findet man sogar Glasrohre, und auch Keramik wird in der Installationstechnik zunehmend benutzt.

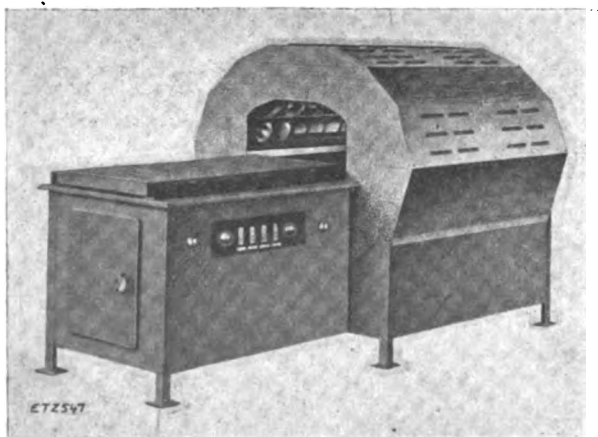


Bild 2. Infrarot-Tunnelofen.

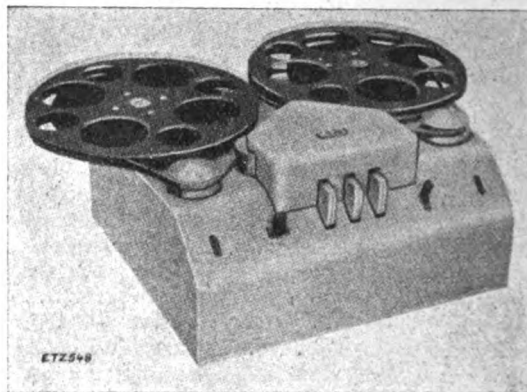


Bild 3. Magnetbandgerät.

Neu ist die Herstellung von Zündkerzen (IKA), die bisher aus dem Westen Deutschlands eingeführt wurden. Als Dichtungs- und Isoliermaterial wird Glimmer verwendet. Der Widerstandsdraht besteht aus einer Chrom-Eisen-Aluminium-Legierung. — Haushaltsgeräte, Herde, Bügeleisen (auch mit Temperaturregler), Haushaltsmaschinen und Kleingeräte sah man reichlich.

Die RFT hatte einen dreiteiligen Infrarot-Tunnelofen (Bild 2) ausgestellt. Der eigentliche Tunnel kann beliebig lang gebaut werden, wodurch sich die Schränke vor und hinter dem Tunnel nicht ändern, in denen die Schalt- und Steuergeräte untergebracht sind. Das gezeigte Muster hatte einen Arbeitsraum von 600×300×1300 mm und einen Anschlusswert von rd. 32 kW.

Die Fernmeldetechnik zeigt gute Fortschritte. Man sah qualitativ weit bessere Rundfunkempfänger als im Vorjahr, jetzt auch mit UKW-Teil, sowie UKW-Vorsatz- und -Einbaugeräte. Der UKW-Sendebetrieb soll in Ostdeutschland demnächst aufgenommen werden.

Auch das Fernsehen wird vorbereitet. Im Herbst soll in Berlin ein Versuchssender den Betrieb aufnehmen, Zeilenzahl wie bei uns 625. Die nötigen Send- und Empfangsgeräte entwickelt das Werk für Fernmeldewesen in Oberschöneweide (früher Oberspreewerk). Einige davon waren ausgestellt.

Von Interessenten dicht umlagert war ein Magnetbandgerät der RFT, das Aussichten hat, ein wirkliches „Heimgerät“ zu werden (es kostet nur rd. 750 DM-Ost): HF-Verfahren, nur ein Kopf, Fremdlöschung, 19 cm/s Bandgeschwindigkeit, Doppelspur, Laufzeit 90 min bei doppelter Spur, Frequenzband 60 ... 7000 Hz, Störpegel 45 db (Bild 3). Zur Wiedergabe wird der NF-Teil eines Rundfunkgerätes oder ein Tonfrequenzverstärker benutzt.

In der Lichttechnik erobert sich jetzt drüben die Leuchtstofflampe den Platz, den sie bei uns schon eingenommen hat. Zahlreiche Beleuchtungskörper waren ausge-



Bild 4. Vierpol-Meßgerät.

stellt, bei der IKA solche mit verstellbarer Lichtverteilung durch verschiedene Anordnung von Reflektor- und Diffusions-scheiben.

Wie auf allen Messen unserer Zeit stand auch in Leipzig die Meßtechnik stark im Vordergrund. Die AT, Elektro-Apparate-Werke Treptow (früher AEG), haben sich dem Kernmagnetsystem gewidmet. Dazu steht allerdings nur Oerst 500 zur Verfügung. Der Nutzfluß wird durch Verschieben eines Kurzschlußbringes geregelt. Die Temperaturkompensation konnte dadurch verbessert werden, daß man den 3...4fachen Widerstandswert vor das Gerät schalten kann und so die Klasse 1,5 erreicht. Nach diesem Prinzip wurde ein Universalmeßgerät mit 20 000  $\Omega/V$  bei Gleichstrom, 1000  $\Omega/V$  bei Wechselstrom geschaffen. Die reine Gleichstromausführung (ab 60  $\mu A$ ) kommt sogar auf einen Innenwiderstand von 50  $k\Omega/V$ .

In demselben Gehäuse wie das Universalgerät präsentierten sich ein Ventilvoltmeter mit 5 000  $k\Omega/V$  (bis 20 kHz) und ein 4-Bereichs-Ohmmeter für 5  $k\Omega$  ... 5  $M\Omega$  bei Vollauss-

schlag. — Die Zählerfertigung haben die AT neu aufgenommen.

Die VEM zeigte eine tragbare Stoßprüfanlage mit veränderlicher Steilheit nach Born a bis 5 kV, die Stoßfolge kann auf 0,5 ... 1,5 s eingestellt werden. Das Gerät ist zum Prüfen von Kathodenfallableitern, auch von Fernsprechanlagen gedacht.

Bei der RFT fiel ein Vierpol-Meßgerät auf, das den Betrag und die Phase des Übertragungsmaßes in Grad anzeigt. Es arbeitet in dem Bereich 30 ... 10 000 Hz (Bild 4). Die einfache Bedienbarkeit wurde vorgeführt. Auf dem gleichen Stand war ein Impulsoszillograph zu sehen, dessen Schirmbreite als äußerste Meßbereiche 1  $\mu s$  und 20 ms entspricht. Man kann mit diesem Gerät noch Impulse bis herunter zu einer Dauer von 0,05  $\mu s$  betrachten.

Zum Schluß ein Wort über die Patentlage. Nach den Berichten der Aussteller bekommt man den Eindruck, daß viele ostdeutsche Firmen sich bemühen, mit westdeutschen Patentinhabern eine gütliche Einigung zu erreichen.

## Ersatz-Kurzprüfzeit für elektrische Maschinen beim aussetzenden Betrieb (AB)

Von Max Kloss, Berlin

DK 621.313.13.001.4

**Übersicht.** Der Aufsatz bringt den Inhalt einer „Internen Mitteilung an das Deutsche Komitee der IEC“ vom 13. 10. 1934, die noch nicht veröffentlicht wurde. Es wird eine „Regel“ entwickelt, mit deren Hilfe die Prüfung eines Motors für aussetzenden Betrieb als thermisch gleichwertige Kurzzeitprüfung möglich ist. — Diese vom Verfasser gefundene Regel wurde von einem Doktoranden für ein Plagiat benutzt. Hierzu veröffentlichten wir auf S. 235 dieses Heftes noch einen „Brief“ des Verfassers. Die Schriftleitung.

Das Deutsche Komitee hat die Notwendigkeit der Einführung einer Prüfung im Aussetzerbetrieb (Intermittent Test-Rating) in die IEC-Regeln damit begründet, daß es unmöglich sei, einen durch eine gegebene relative Einschalt-dauer gekennzeichneten Aussetzerbetrieb durch einen thermisch gleichwertigen Dauerbetrieb oder auch durch einen Kurzzeitbetrieb mit festliegender Prüfzeit (z. B. durch „Stundenleistungs“betrieb) zu ersetzen. Da aber andererseits die wirkliche Durchführung eines Aussetzerbetriebes auf dem Prüffeld erhebliche Zeiten in Anspruch nimmt, insbesondere bei größeren geschlossenen Motoren, so besteht doch das Bedürfnis nach einer kurzzeitigen Ersatzprüfung für einen gegebenen Aussetzerbetrieb.

Die bisher über diese Frage bekannt gewordenen Veröffentlichungen haben keine einfache, für die Praxis hinreichend brauchbare Regel ergeben zur Bestimmung einer thermisch gleichwertigen Kurzprüfzeit, mit der ein Motor mit derselben Verlustverteilung zu prüfen ist, wie sie im vorgeschriebenen Aussetzerbetrieb auftreten würde, wobei unter „thermisch gleichwertig“ zu verstehen ist, daß am Schluß der Kurzprüfzeit die Erwärmung der Wicklung ebenso groß sein müßte wie im stationären Zustand bei Aussetzerbetrieb. Ich möchte im Folgenden zeigen, daß es doch möglich erscheint, eine solche hinreichend einfache Regel aufzustellen.

Olschläger<sup>1</sup> hat zuerst gezeigt, daß für einen homogenen, in sich geheizten Körper bei konstanter Wärmeabgabezahl die Überlastbarkeit  $k$  im Aussetzerbetrieb sich ergibt zu:

$$k = \frac{1 - e^{-s/T}}{1 - e^{-b/T}} \quad (1)$$

worin bedeuten:  $b$  = Belastungszeit,  $p$  = Pause,  $s = b + p$  = Spieldauer und  $T$  = Zeitkonstante der Erwärmungskurve

und der Abkühlungskurve. Der Aussetzerbetrieb wird gekennzeichnet durch die

$$\text{„relative Einschalt-dauer“ } \varepsilon = \frac{b}{s} \quad (2)$$

Die Formel (1) läßt sich mit (2) auch schreiben:

$$k = \frac{1 - e^{-1/\varepsilon \cdot b/T}}{1 - e^{-b/T}} \quad (1a)$$

Wenn  $b$  sehr klein ist gegen die Zeitkonstante  $T$ , so wird  $k = 0/0$  unbestimmt. Man erhält dann durch Reihenentwicklung oder durch Differentiation von Zähler und Nenner

$$k = \frac{s}{b} = \frac{1}{\varepsilon} \quad (3)$$

Da die über die ganze Spieldauer  $s$  gebildete mittlere Heizleistung  $Q_{\text{mitt}} = Q_{AB} b/s = \varepsilon Q_{AB}$  ist, und da die gegenüber Dauerheizleistung  $Q_{DB}$  zulässige Heizleistung bei der Überlastbarkeit  $k$  gegeben ist als

$$Q_{AB} = k Q_{DB} \quad (4)$$

ist mit Gl. (3)

$$Q_{\text{mitt}} = \varepsilon Q_{AB} = \frac{1}{k} Q_{AB} = \frac{1}{k} k Q_{DB} = Q_{DB} \quad (5)$$

Also nur im Grenzfalle  $b/T \approx 0$  dürfte der Aussetzerbetrieb mit Heizleistung  $Q_{AB}$  ersetzt werden durch einen Dauerbetrieb mit der mittleren Heizleistung  $Q_{\text{mitt}}$ .

Diese Olschlägerschen Beziehungen sind aber abgeleitet für den Fall von Anlaßwiderständen unter der Annahme, daß Erwärmung und Abkühlung nach rein logarithmischen Kurven verlaufen und daß die Abkühlungskurve dieselbe Zeitkonstante hat wie die Erwärmungskurve.

Diese letzte Bedingung ist nun aber bei Maschinen im Aussetzer-Betrieb nicht erfüllt, da bei Stillstand die Kühlung durch die Drehung des Ankers wegfällt. Für die Abkühlung in der Pause gilt also eine größere Zeitkonstante  $T_p$  als für die Erwärmung in der Betriebszeit (Zeitkonstante  $T_b$ ). Das Verhältnis der beiden Zeitkonstanten sei mit

$$v = T_b/T_p \quad (6)$$

bezeichnet (es ist also  $v$  immer  $< 1$ ).

<sup>1</sup> ETZ 21 (1900) S. 1058.

Wie Blanc<sup>2</sup> gezeigt hat, geht in diesem Falle die Olschlägersche Gleichung (1) über in die Form

$$k = \frac{1 - e^{-s'/T_b}}{1 - e^{-b/T_b}} \quad (7)$$

wo  $s' = b + p' = b + v p$  die „reduzierte Spieldauer“ und  $p' = v p = T_b/T_p p$  die im Verhältnis der beiden Zeitkonstanten „reduzierte Pause“ ist.

Bezieht man auch die relative Einschaltdauer nunmehr auf die „reduzierte Spieldauer“  $s'$ , so erhält man die „reduzierte relative Einschaltdauer“  $\epsilon' = \frac{b}{s'} = \frac{b}{b + v p} = \frac{b}{b + v(s - b)}$  und durch Division von Zähler und Nenner mit  $s$

$$\epsilon' = \frac{b/s}{b/s + v(1 - b/s)} = \frac{\epsilon}{\epsilon + v(1 - \epsilon)} \quad (8)$$

als Beziehung zwischen gegebener relativer Einschaltdauer und der mit Berücksichtigung des Zeitkonstanten-Verhältnisses  $v$  „reduzierten relativen Einschaltdauer“  $\epsilon'$ .

Im Grenzfalle  $b/T_b \rightarrow 0$  geht Gl. (7) über in

$$k = \frac{s'}{b} = \frac{1}{\epsilon'} \quad (9)$$

Da nun nach den REM bei Motoren die Spieldauer  $s$  höchstens 10 min betragen soll, also bei den genannten relativen Einschaltzeiten von 15%, 25% und 40% die Betriebszeiten  $b$  höchstens 1,5, 2,5 und 4 min betragen, während  $T_b$  bei kleineren offenen Motoren in der Größenordnung von 30...40 min liegt, bei großen gekapselten Motoren unter Umständen mehrere Stunden beträgt, so ist die Bedingung  $b/T_b \rightarrow 0$  bei Motoren hinreichend gut erfüllt. Also könnte man die Überlastbarkeit  $k$  (d. i. das Verhältnis der im Aussetzbetrieb zulässigen Heizleistung  $Q_{AB}$  zu der für gleiche Erwärmung im Dauerbetrieb zulässigen Heizleistung  $Q_{DB}$ , also  $k = Q_{AB}/Q_{DB}$ ) für Motoren nach Gl. (9) als reziproken Wert der reduzierten relativen Einschaltdauer ohne weiteres berechnen, wenn es sich hierbei um homogene, in sich gleichmäßig geheizte Körper handelte, die also in Erwärmung und Abkühlung dem Gesetz der einfachen logarithmischen Kurve folgen würden.

In Wirklichkeit ist aber diese Voraussetzung nicht erfüllt. Es handelt sich um kompliziert geformte, zusammengesetzte und verschieden geheizte Körper (Eisen und Wicklungen), die sich auch gegenseitig „anwärmen“. Infolgedessen weicht bekanntlich sowohl die Erwärmungs- als auch die Abkühlungskurve im Anfangsbereich infolge des mehr oder minder starken inneren Wärmeausgleichs meist erheblich von der reinen logarithmischen Kurve ab. Andererseits zeigt es sich aber, daß die Erwärmungskurve im oberen Bereich, also in der Nähe des stationären Zustandes, recht gut als rein logarithmisch, also mit konstanter Subtangente, angesprochen werden kann. Entsprechendes gilt für die Abkühlungskurve.

Da nun bei Aussetzbetrieb im stationären Zustande die Temperaturen um einen verhältnismäßig geringen Betrag um ihren Mittelwert schwanken, so kann man vermuten, daß hier das Gesetz der logarithmischen Kurve wenigstens angenähert gelten wird, so daß wir die Gl. (9) auch auf Motoren werden anwenden dürfen. Es sei nun

$\vartheta_{mDB}$  = Enderwärmung mit Heizleistung  $Q_{DB}$  im Dauerbetrieb,

$\vartheta_{mAB}$  = Enderwärmung mit Heizleistung  $Q_{DB}$  im Aussetzbetrieb,

$\vartheta'_{mAB}$  = Enderwärmung, die eintreten würde, wenn die Heizleistung  $Q_{AB}$  des Aussetzbetriebes im Dauerbetrieb angewendet werden würde, (was natürlich in Wirklichkeit nicht zulässig ist).

Mit einer gesamten wirksamen Abkühlfläche  $A$  und einer mittleren Wärmeabgabezahl  $\alpha$  bezogen auf diese Fläche ist nun

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_{mDB} &= \frac{Q_{DB}}{A \alpha} \\ \vartheta_{mAB} &= \frac{Q_{AB} k}{A \alpha} \end{aligned} \right\} \text{ wo nach Voraussetzung bei } k\text{-facher} \\ \text{Überlastung, also bei } Q_{AB} = k Q_{DB} \\ \text{die Enderwärmung } \vartheta_{mAB} = \vartheta_{mDB} \\ \text{wird.}$$

Mit Gl. (9) wird dann

$$\vartheta_{mAB} = \left( \frac{Q_{AB}}{A \alpha} \right) \epsilon' \quad (10)$$

Satz 1. Die Enderwärmung im Aussetzbetrieb ist für eine gegebene Belastung proportional der „reduzierten relativen Einschaltdauer“  $\epsilon'$ .

Das zu lösende Problem ist nun: wie lange muß eine „Kurzprüfzeit“  $P_{KB}$  gewählt werden, damit die am Ende dieser Zeit erreichte Übertemperatur  $\vartheta_{P_{KB}}$  gleich der Endtemperatur  $\vartheta_{mAB}$  bei Aussetzbetrieb wird, wenn in beiden Fällen (was wegen richtiger Verteilung der Verluste wichtig ist) dieselbe Heizleistung, also  $Q_{AB}$ , angewandt wird?

Die Schwierigkeit liegt darin, daß die von der Übertemperatur Null ausgehende Erwärmungskurve in ihrem unteren Teile, wie bereits erwähnt, meist beträchtlich von der einfachen logarithmischen Kurve abweicht. Wenn man daher versucht, die Beziehung zwischen der gesuchten thermisch gleichwertigen Kurzprüfzeit  $P_{KB}$  und der relativen Einschaltdauer abzuleiten unter Zugrundelegung der analytischen Formel der logarithmischen Erwärmungskurve des homogen geheizten Körpers, so ist das von vornherein aussichtslos und kann niemals zu einer Übereinstimmung der theoretisch ermittelten  $P_{KB}$  mit der aus Versuchen ermittelten wirklichen Kurzprüfzeit führen.

Es läßt sich aber zeigen, daß die gesuchte Beziehung gefunden werden kann, ohne daß es nötig wäre, den analytischen Ausdruck für die wirkliche Erwärmungskurve zu kennen. An Stelle des für die logarithmische Kurve geltenden Ausdrucks

$$\vartheta - \vartheta_m = (1 - e^{-t/T})$$

setzen wir die allgemeine Funktion

$$\vartheta - \vartheta_m = \eta \quad (11)$$

und bezeichnen die unbenannte Zahl  $\eta$  als „relative Erwärmung“. Über die Funktion  $\eta = f(t)$  sagen wir nur aus, daß sie sich für  $t = \infty$  dem Werte 1 asymptotisch nähert.

Belasten wir den Motor mit der dem gegebenen Aussetzbetrieb entsprechenden Heizleistung  $Q_{AB}$ , so würde die Erwärmungskurve im Dauerbetrieb dem Endwert  $\vartheta_{mDB}$  zustreben. Nach irgend einer beliebigen endlichen Zeit, also z. B. nach  $P_{KB}$ , erreicht die Kurve den Ordinatenwert  $\vartheta_{P_{KB}}$ , also gilt nach Gl. (11)

$$\begin{aligned} \vartheta_{P_{KB}} &= \eta_{P_{KB}} \cdot \\ \vartheta'_{mDB} & \end{aligned} \quad (12)$$

Nun ist aber nach Definition die bei Heizleistung  $Q_{AB}$  im Dauerbetrieb zu erwartende Enderwärmung

$$\vartheta'_{mDB} = Q_{AB}/A \alpha.$$

Also wird

$$\vartheta_{P_{KB}} = \eta_{P_{KB}} \left( \frac{Q_{AB}}{A \alpha} \right) \quad (13)$$

Für die „thermisch gleichwertige“ Kurzprüfzeit muß nun dieser Wert  $\vartheta_{P_{KB}}$  gleich dem Endwert im Aussetzbetrieb sein, also

$$\vartheta_{P_{KB}} = \vartheta_{mAB} \quad (14)$$

Setzt man hier die Werte aus Gl. (13) und (10) ein, so ergibt sich

$$\eta_{P_{KB}} \left( \frac{Q_{AB}}{A \alpha} \right) = \left( \frac{Q_{AB}}{A \alpha} \right) \cdot \epsilon'$$

<sup>2</sup> ETZ 41 (1920) S. 812.

oder die außerordentlich einfache Beziehung

$$\eta_{PKB} = \varepsilon'. \quad (15)$$

In Worten finden wir also folgenden wichtigen

**Satz 2.** Als thermisch gleichwertige Kurzprüfzeit  $P_{KB}$  gilt diejenige Zeit, nach der die zugehörige „relative Erwärmung“  $\eta$  gleich der „reduzierten relativen Einschaltdauer“  $\varepsilon'$  ist.

Es ist nicht erforderlich, den analytischen Ausdruck für die Funktion  $\eta = f(t)$  zu kennen, vielmehr genügt die Kenntnis der experimentell ermittelten Erwärmungskurve.

Hieraus ergibt sich für die Bestimmung der für einen gegebenen Aussetzerbetrieb thermisch gleichwertigen Kurzprüfzeit  $P_{KB}$  für irgendeine Motortype folgende

Regel:

1. Man nimmt bei einem Motor der betreffenden Type eine Erwärmungskurve  $\vartheta = f(t)$  mit der dem Aussetzerbetrieb entsprechenden Leistung, aber im Dauerbetrieb auf bis

in den Bereich des zulässigen Grenzwertes, dann ebenso eine Abkühlungskurve bei Stillstand.

2. Für beide Kurven bestimmt man die Zeitkonstanten  $T_b$  und  $T_p$  und bildet das Verhältnis  $v = T_b/T_p$ .

3. Aus der gegebenen „relativen Einschaltdauer“  $\varepsilon$  und dem Verhältnis  $v$  findet man die „reduzierte relative Einschaltdauer“  $\varepsilon' = \varepsilon/\varepsilon + v(1 - \varepsilon)$ .

4. Für die nach 1. aufgenommene Erwärmungskurve ermittelt man (was sich schon bei der Bestimmung der Zeitkonstanten ergibt), graphisch den Endwert  $\vartheta_m$  und trägt aus  $\eta = \vartheta/\vartheta_m$  die „relative Erwärmung“ als Funktion der Zeit auf.

5. Aus dieser Kurve findet man zu der Ordinate  $\eta = \varepsilon'$  als Abszisse die gesuchte „gleichwertige Kurzprüfzeit“  $P_{KB}$ .

Diese einmal bestimmte Kurzprüfzeit gilt dann für alle Motoren der gleichen Type.

Ob diese einfache Regel tatsächlich für die Praxis sich als anwendbar erweisen wird, kann nur auf Grund eingehender Versuche an Motoren verschiedener Bauart und Größe entschieden werden.

## Brief an die Schriftleitung

### Ersatz-Kurzprüfzeit für elektrische Maschinen beim aussetzenden Betrieb (AB)

Zur Vorgeschichte meines auf S. 233 dieses Heftes abgedruckten Aufsatzes und zur weiteren Entwicklung der Angelegenheit muß ich folgendes mitteilen:

Im Herbst 1932 wurde der T. H. Berlin vom Ministerium für ägyptische Dipl.-Ing. Mohamed Ali Ibrahim aus Kairo zur Promotion zugewiesen. Ich wurde von der Fakultät zum ersten Berichterstatter für die Arbeit bestellt und stellte dem Doktoranden das sich aus unserer Mitarbeit in der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC) ergebende Thema: „Bestimmung einer thermisch gleichwertigen Ersatz-Kurzprüfzeit für einen gegebenen Aussetzerbetrieb“ und wenn möglich: „Aufstellung einer für die Praxis brauchbaren Regel“.

Trotz wiederholten Drängens kam Ibrahim mit der Lösung nicht voran, so daß ich die Überzeugung gewann, daß er hierfür völlig unfähig war. Ich nahm daher das Hauptproblem selbst in Angriff mit dem Erfolg, daß es mir schließlich gelang, eine einfache Regel aufzustellen. Die Ergebnisse meiner Untersuchungen faßte ich in einer „Internen Mitteilung an das Deutsche Komitee der IEC“ zusammen (s. S. 233 dieses Heftes). Ibrahim erhielt hiervon im Okt. 1934 eine Abschrift. Seine Aufgabe wurde infolgedessen eingeschränkt und sollte sich auf die Nachprüfung der Brauchbarkeit der „Regel“ an verschiedenen Motoren beschränken, die mir die SSW zur Verfügung gestellt hatten. Nach immer wiederholtem Drängen meinerseits und allerlei Ausflüchten seitens Ibrahims legte er mir endlich u. a. ein Kurvenblatt von Meßergebnissen vor, auf dem es sich darum handelte, zur Ermittlung der „relativen Erwärmung“ nach meiner Gl. (12) den zu erwartenden Endwert graphisch zu ermitteln. In seiner Gegenwart prüfte ich das Ergebnis nach, mußte aber feststellen, daß der gefundene Endwert nicht mit dem von Ibrahim angegebenen Werte übereinstimmte. Ich mußte ihm daher eine bewußte Schiebung vorwerfen mit dem Zweck, eine genaue Übereinstimmung mit der von mir in Gl. (15) aufgestellten Beziehung zu erreichen.

Ich erklärte Herrn Ibrahim, daß ich nach diesem Betrugsversuch kein Vertrauen in seine gesamte Arbeit setzen könne und unter diesen Umständen die weitere Tätigkeit als Berichterstatter ablehnen müsse. Die Fakultät billigte meine Entscheidung und berichtete in diesem Sinne an das vorgesetzte Ministerium, so daß Ibrahim nichts andres übrig blieb, als Berlin zu verlassen.

Nach einiger Zeit erhielt ich von Prof. Unger, T. H. Braunschweig, Nachricht, daß ein gewisser Ibrahim dort eine Doktorarbeit eingereicht hätte über Untersuchungen an SSW-Motoren, die im Versuchsfeld der T. H. Berlin durchgeführt worden waren. Da Prof. Unger meinte, es hätte doch dann als selbstverständlich angesehen werden müssen, daß Ibrahim seine Arbeit auch an der T. H. Berlin zur Promotion einreichte, bat er mich um nähere Auskunft. Infolge meiner Auskunft verweigerte die T. H. Braunschweig ebenfalls die Annahme der Arbeit.

Nach einigen Jahren wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß Ibrahim von der T. H. München zum Dr.-Ing. promoviert worden sei auf Grund einer Arbeit „Ersatz-Kurzprüfzeit elektrischer Maschinen beim Aussetzerbetrieb“. Ich verschaffte mir nun einen Abdruck der Arbeit, aus dem sich ergab, daß die Arbeit am 4. Nov. 1936 eingereicht und am 22. Nov. 1936 angenommen worden war. Nach Prüfung des Inhaltes stellte ich folgendes fest:

Die Arbeit enthält keinerlei Hinweis auf die Tatsache, daß die Messungen an der T. H. Berlin ausgeführt worden sind. Vielmehr behauptet Ibrahim wahrheitswidrig: „Die Firma Siemens-Schuckertwerke, A.G., Berlin-Siemensstadt, hatte die Liebenswürdigkeit, mir (!) einige Motoren zur Verfügung zu stellen...“.

Auf meine „Interne Mitteilung an das Deutsche Komitee der IEC“ ist ebenfalls nicht verwiesen. Dafür gibt Ibrahim, ohne meinen Namen überhaupt zu nennen, meine Ableitungen als sein geistiges Eigentum aus! Die Arbeit ist also ein Plagiat in schlimmster Form. Zur näheren Erläuterung stelle ich dazu noch fest: der Wortlaut meiner „Internen Mitteilung“ ist von Ibrahim zu etwa 30% mit geringfügigen textlichen Abweichungen, die entscheidenden Darlegungen über die Ableitung meiner „Regel“ (etwa 70% meiner Fassung) aber sogar wortwörtlich übernommen!

Der Münchener Fakultät und insbesondere den beiden Berichterstattern kann nicht der geringste Vorwurf gemacht werden dafür, daß sie die Dissertation angenommen und gutgläubig dem „Verfasser“ den Grad eines deutschen Dr.-Ing. erteilt haben. Denn da Ibrahim bei seinem groß angelegten Schwindel jeden Hinweis auf die T. H. Berlin und die dort ausgeführten Versuche unterlassen hat, lag für die Münchener Fakultät kein Anlaß zu einer Anfrage bei der T. H. Berlin vor.

Daß ich erst heute mein wissenschaftliches geistiges Eigentum an der „Regel“ vor der Öffentlichkeit wahre, liegt daran, daß in den vergangenen 6 Kriegs- und nahezu 6 Nachkriegsjahren die deutsche Elektrotechnik von der Mitarbeit in der IEC abgeschnitten war. Erst jetzt erscheint als Folge der politischen Entwicklung, die die Völker Europas zu enger Zusammenarbeit unter sich und mit Amerika drängt, der Weg frei zu werden auch für Deutschland, an internationaler Gemeinschaftsarbeit wieder teilzunehmen. Damit scheint mir die Zeit gekommen, mit dieser Veröffentlichung eine Verpflichtung gegenüber der IEC zu erfüllen.

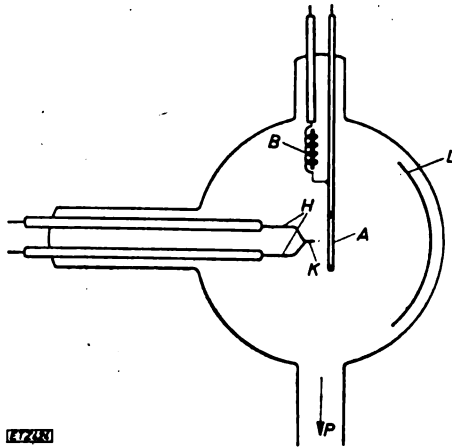
Ich schließe daher meinen Aufklärungsbericht mit der Anregung, die Nationalen Komitees der IEC möchten durch Versuche an gekapselten Motoren für Aussetzerbetrieb nachprüfen, ob sich die von mir angegebene „Regel“ zur Bestimmung einer thermisch gleichwertigen Ersatz-Kurzprüfzeit mit für die Praxis genügender Genauigkeit bewährt.

Berlin-Nikolassee, den 20. Febr. 1951 Max Kloss

## Die Sichtbarmachung von Molekülen und Atomen im Feldelektronenmikroskop

DK 621.395.833 : 539

Erstmalig ist es E. W. Müller gelungen, Atome und Moleküle unter besonderen Umständen mit einer äußerst einfachen Anordnung, dem sogenannten Feldelektronenmikroskop, sichtbar zu machen. Im Gegensatz zu den Emissions- und Durchstrahlungsmikroskopen arbeitet das Feldelektronenmikroskop ohne fokussierende Abbildung. Das Prinzip ist etwa folgendes (Bild 1): Als Objekt dient die kugelige Kalotte einer sehr feinen Wolframspitze, die als Kathode sich im Vakuum gegenüber einem einige Zentimeter entfernten Leuchtschirm befindet. Der Krümmungsradius der Wolframspitze beträgt etwa  $10^{-5}$  cm. Dies bedeutet bei einer angelegten Spannung von einigen 1000 V an der Kathode eine Feldstärke von  $3 \dots 4 \cdot 10^7$  V/cm, welche ausreicht, eine kalte Elektronenemission hervorzurufen. Zwischen Schirm und Kathode ist eine ringförmige Anode derartig angebracht, daß sie den Strahlenkegel der emittierten Elektronen nicht zu stark beeinflusst. Die aus der Spitze austretenden Elektronen geben am Schirm ein Bild von der Oberfläche der Kathode, dessen Vergrößerung annähernd durch das Verhältnis von Leuchtschirmradius zu Spitzenradius gegeben ist.



ETZ 71  
 A Anodenring L Leuchtschirm  
 Ba Substanz zum Aufdampfen K Kathodenspitze  
 H Heizung P Pumpe  
 Bild 1. Schema des Feldelektronenmikroskopes.

Bei der Adsorption verschiedener Teilchen an der Kathodenoberfläche erscheinen bei angelegter Spannung auf dem Leuchtschirm die niedrig indizierten Kristallflächen des Wolframs und eine Anzahl von Bildpunkten. Wie Müller zeigen konnte, sprechen sehr viele Gründe dafür, daß diese Bildpunkte als Projektionen der adsorbierten Atome oder Moleküle auf dem Leuchtschirm angesehen werden können. Es ist in diesem Rahmen unangebracht, sämtliche Anzeigen anzuführen, die die obige Vermutung bestätigen. Hierfür sei auf die Originalarbeiten verwiesen<sup>1</sup>. Die Sichtbarkeit für die einzelnen Atome oder Moleküle unterliegt ganz bestimmten Bedingungen. Sie müssen sich hervorstellend auf den glatten Kristallflächen in Abständen befinden, die das Auflösungsvermögen überschreiten. Weiterhin sollen die adsorbierten Objekte größer oder mindestens gleich groß wie die Atome der Kristallunterlage sein.

Das Auflösungsvermögen liegt etwa bei  $15 \text{ \AA}$  und entspricht somit nur dem der besten Elektronenmikroskope. Es wird jedoch scheinbar wesentlich verstärkt durch eine

<sup>1</sup> Zum Beisp.: Z. Naturforsch. 5a (1950) H. 9, S. 473. Über das Sichtbarmachen des Ba-Atoms wurde in ETZ 71 (1950) S. 696 kurz berichtet.

lokale Feldstärkeerhöhung an den Ecken der adsorbierten Teilchen, die durch ihre hervorstehende Anlagerung an das Kristallgitter bedingt ist. Infolge der Feldverzerrungen über den Ecken der adsorbierten Moleküle, verlaufen die Elektronenbahnen nach außen gebogen. Letzteres ist besonders bei flachen Molekülen ausgeprägt. Diese Spreizung der Elektronenbahnen trägt zur Erhöhung des Auflösungsvermögens der einzelnen Bildpunkte bei. Bild 2 zeigt auf die Kathode aufgedampfte Phthalocyaninmoleküle. Die Anordnung der vier Benzolringe stimmt überein mit der Röntgen-Fourier-

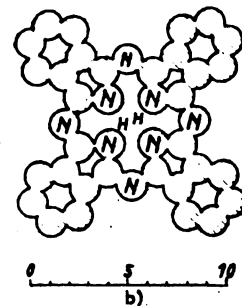
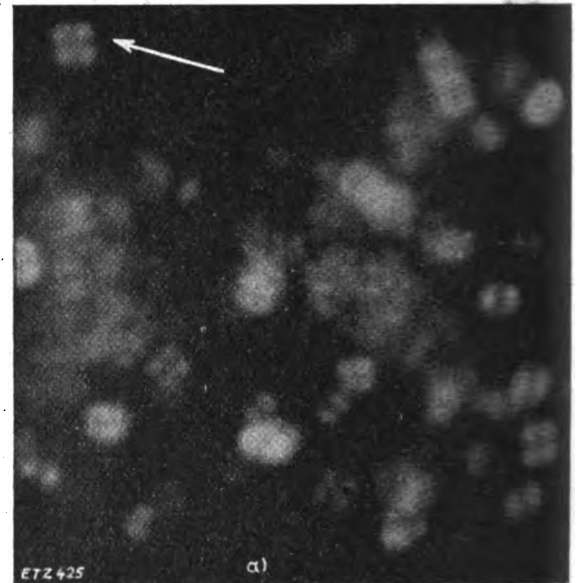


Bild 2. Elektronenbild (a) von Phthalocyaninmolekülen (Ba) auf einer Wolframspitze; zum Vergleich die Strukturform (b) dieses Moleküls.

analyse dieser Moleküle. Der Abstand der einzelnen Ringe beträgt  $7,7 \text{ \AA}$ . Wir sehen, daß hier ein Verfahren gefunden wurde, das erstmalig eine experimentelle Bestätigung der theoretisch gewonnenen Strukturbilder vom Aufbau einzelner Moleküle gibt. Es kann dies natürlich noch kein allgemeingültiges Verfahren darstellen, da nur solche Verbindungen gewählt werden können, die durch das Aufdampfen nicht zerstört werden. Außerdem zeigen sich durch die Spreizung der Elektronenbahnen Bildverzerrungen, die erhebliche Entstellungen der Abbildung zur Folge haben können.

Der große Vorteil des neuen Instrumentes ist, daß man überhaupt molekulare und atomare Objekte sichtbar machen kann, was bei den normalen Elektronenmikroskopen wegen des fehlenden Kontrastes unmöglich ist.

H. Wagenfeld



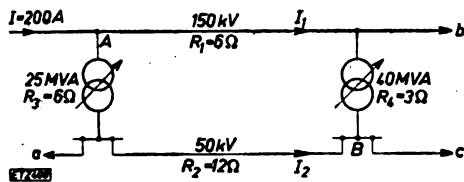
# RUNDSCHAU

## Leitungen

DK 621.311.1.017.2

Über zusätzliche Verluste beim Parallelbetrieb von Leitungen. [Nach F. Schär: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 633; 1 S., 2 B.]

Der Verfasser zeigt, daß bei einer Parallelschaltung zweier Leitungen verschiedener Nennspannung über Regeltransformatoren (wie in Bild 1) die übertragene Leistung sich unter Umständen sehr unzuverlässig auf die parallelen Leitungen verteilt, wenn die beiden Regeltransformatoren, was aus betrieblichen Gründen manchmal nicht zu vermeiden ist, verschieden eingestellt sind. Wie ohne weiteres einzusehen, werden sehr große Verluste eintreten, wenn ein großer Teil der Leistung über die Leitung niedriger Spannung und nur ein kleiner über die Leitung hoher Spannung fließt.



R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> ohmsche Widerstände der Übertragungsleitungen, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> auf die 150 kV-Seite bezogene ohmsche Widerstände der Transformatoren

Bild 1. Teil eines vermaschten Netzes: Energietransport von A nach B.

Der Verfasser empfiehlt daher, tunlichst die Leitung niedrigerer Spannung an einer geeigneten Stelle zu öffnen, was allerdings den Nachteil mit sich bringt, daß diese Leitung dann im Störfalle nicht ohne weiteres als Reserve eintritt.

Zu beachten ist, daß bei verschiedener Einstellung der Regeltransformatoren durch den Ausgleichstrom Verluste auch im Leerlauf auftreten, also auch dann, wenn überhaupt keine Energie transportiert wird.

Hu

DK 621.317.333.4

Fehlerortsbestimmung auf Leitungen durch oszillographische Beobachtung eines Impulses. [Nach M. Ch. Béguin u. G. Maugard: Bull. Soc. franc. Electr. 10 (1950) S. 313; 15 1/2 S., 30 B.]

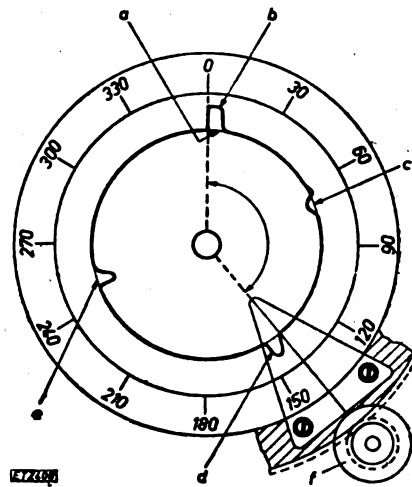
Das Prinzip entspricht dem der Funkmeßtechnik. Ein Impuls von etwa 10<sup>-6</sup> s wird über eine Leitung gegeben und der durch irgendwelche Inhomogenitäten verursachte reflektierte Impuls oszillographisch beobachtet und zeitlich zu dem ausgesandten in Beziehung gesetzt. Ist c die Ausbreitungsgeschwindigkeit, θ die für den Hin- und Rücklauf des Signals benötigte Zeit, so ergibt sich für die Entfernung D des Ausbreitungshindernisses vom Sender-Empfänger:  $D = c \theta / 2$ .

Der erste Teil der Arbeit bringt die theoretischen Grundlagen über die Ausbreitungsverhältnisse von Impulsen auf Leitungen. Es wird kurz das Spektrum eines Impulses besprochen, die Frequenzabhängigkeit des Übertragungsfaktors, der von R, L, G und C abhängt, besonders auch für koaxiale Kabel diskutiert und auf die hierdurch bedingten Impulsverformungen hingewiesen. Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf Leitungen v wird eine Näherungsformel gegeben.

Im zweiten Absatz der theoretischen Betrachtungen wird der Begriff des Wellenwiderstandes Z<sub>c</sub> eingeführt und die Abhängigkeit des Reflexionskoeffizienten q<sub>r</sub> vom dem Abschlußwiderstand Z an der Fehlerstelle besprochen. Aus  $q_r = (Z - Z_c) / (Z + Z_c)$  folgt, daß q<sub>r</sub> zwischen den beiden Grenzwerten +1 und -1 liegen muß, dem entweder ein offenes Ende mit Z = ∞ oder ein Kurzschluß mit Z = 0 entspricht. Bei Z = Z<sub>c</sub> ist q<sub>r</sub> = 0. Aus den theoretischen Betrachtungen folgt, daß Leitungskreise mit Breitbandeigenschaften am besten für diese Methode geeignet sind, z. B. Koaxialkabel und Freileitungen für Hochspannung. Als Fortpflanzungsgeschwindigkeit v kann man, wenn man homogene Leitungen voraussetzt, schreiben:  $v = c / \sqrt{\epsilon}$ ; c = Lichtgeschwindigkeit, ε = Dielektrizitätskonstante des Isolators. Als Beispiele werden angegeben:

Koaxiale Kabel	ε = 1,09, v = 0,96 c
Energieleitungen	ε = 3,5, v = 0,53 c.

Im zweiten Teil der Arbeit wird das Meßgerät beschrieben. Weil der Meßbereich gegenüber der normalen Zeitablenkung π mal vergrößert wird, benutzt man einen Kathodenstrahloszillographen mit kreisförmiger Zeitablenkung. Der Meßimpuls und der reflektierte Impuls werden an eine zentrale Elektrode geführt. Die Ablenkfrequenz F wird doppelt so groß gewählt wie die Impulsfolgefrequenz und bestimmt den Meßbereich P des Gerätes nach der Formel  $F = v/2P$ ; hierin bedeutet v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Signals auf der Leitung und P die Entfernung der Fehlerstelle in km. Ist z. B. v = 160 000 km/s und will man einen Meßbereich von 10 km haben, so wählt man eine Ablenkfrequenz von 8000 Hz und eine Impulsfolgefrequenz von 4000 Hz. Bei einer Einteilung des Kreisumfangs in 360° entspricht dann 1° die Entfernung von 10 000/360 = 27,75 m. Bild 2 stellt die Ablesevorrichtung und ein idealisiertes Oszillogramm auf dem Schirm des Oszillographen dar. Die Impulslänge wählt man entsprechend dem Meßbereich zwischen 0,1 und 4 · 10<sup>-6</sup> s. Um Sekundärrechos zu vermeiden, muß der Eingang des zu messenden Leitungskreises mit sei-



a kreisförmige Ablenkung ohne Impuls, b Eingangsimpuls, c Reflexion durch Unregelmäßigkeit des Wellenwiderstandes, d Echoimpuls (offene Leitung), e Echoimpuls (Kurzschluß), f Winkelmesser.

Bild 2. Winkelmeßeinrichtung mit schematischem Oszillogramm.

nem Wellenwiderstand abgeschlossen werden. Aus der Lage und Amplitude der reflektierten Impulse kann man dann auf die Art des Fehlers schließen. Es sind zwei Typen von Geräten entwickelt worden; der einfache Gerätetyp wird zum Aufsuchen grober Fehler für schwach dämpfende Leitungssysteme benutzt (Gewicht 22 kg). Die 2. Type besitzt 2 Meßbereiche und einen Verstärker, um auch stark gedämpfte reflektierte Signale auswerten zu können (2 Teile, Gewicht 2 × 25 kg). Der zweite Absatz des experimentellen Teils beschreibt ausführlich einige Messungen an Freileitungen und Kabelnetzen für Starkstrom. Die Oszillogramme werden eingehend diskutiert.

Obwohl die Arbeit im Prinzip nichts Neues bringt, dürfte sie doch für den Ingenieur und Praktiker, der mit Fehlerortsbestimmungen zu tun hat, von großem Nutzen sein, zumal die Meßbeispiele sehr ausführlich behandelt worden sind. Die Methode selbst scheint für die Praxis durchaus brauchbar zu sein; der apparative Aufwand ist verhältnismäßig gering.

## Elektrische Maschinen

DK 621.316.729

Neue Synchronisierungseinrichtung. [Nach E. A. Livingston: Proc. Instn. electr. Engrs. II 96 (1949) S. 803; 6 S., 8 B.]

Eine neuartige Synchronisierungseinrichtung wird beschrieben, die aus folgenden Einzelgliedern besteht:

Von den beiden parallel zu schaltenden Spannungen (Maschine — Netz) werden mit Gleichrichtern, einer Gleich-

strom-Sperrspannung und hohem Vorschaltwiderstand rechteckige Wechselimpulse erzeugt, deren Amplitude unabhängig von der Höhe der Spannung ist. Diese beiden Impulsfolgen werden differenzmäßig miteinander verglichen. Die Differenz besteht wiederum aus Impulsen, deren Amplitude gleich den ursprünglichen Impulsen ist, deren Fläche aber mit der Größe der Phasendifferenz zu- und abnimmt. Von diesen Impulsen werden auf ein Ansprechrelais über einen Einweggleichrichter nur die positiven Impulse geschickt. Der Gleichstrom-Mittelwert der Differenzimpulse stellt eine dreieckförmige Schwebungskurve dar. Dieses Differenzrelais gibt den Einschaltimpuls in seinem Ruhezustand. Da es auf eine bestimmte Höhe der Schwebungsspannung anspricht, kann der Einschaltimpuls nur während einer Zeit gegeben werden, bei der die Schwebungsspannung annähernd Null ist. Mit diesem Relais in Serie geschaltet ist ein Zeitelement, das den Einschaltimpuls weiterleitet, wenn die Ruhezeit des Relais länger ist als die vorgeschaltete Verzögerungszeit. Es erfolgt daher nur ein Impuls in der Nähe des Synchronismus, lt. Verfasser innerhalb 2° der Schwebung.

Um die Eigenzeit der Schalter zu berücksichtigen, wird der Synchronpunkt im Gerät durch Verschiebung einer Spannung um einen gewissen Winkel vor den tatsächlichen Punkt des Synchronismus gelegt. Da der synchrone Punkt nur nach einer Seite verschoben werden kann, kann nur dann parallel geschaltet werden, wenn die zuzuschaltende Maschine entweder von unten oder von oben an die Frequenz des Netzes herangeregelt wird. Die dazu erforderliche Auswählrichtung wird durch ein synchronoskopähnliches Gerät bestimmt. Außerdem werden die Spannungen in einem Differenzrelais gleichstrommäßig miteinander verglichen, so daß nur bei annähernder Spannungsgleichheit parallel geschaltet werden kann. Da das Differenzrelais sehr empfindlich sein muß, wird durch ein unempfindlicher eingestelltes Relais von einer bestimmten Höhe der Schwebungsspannung ab gesperrt. Der Einschaltimpuls wird durch parallel geschaltete Kondensatoren zum Einschaltrelais so lange verzögert, bis der Einschaltimpuls vom Schalter übernommen worden ist.

Ogleich einfache Relais verwendet werden, sind doch eine große Anzahl von Gleichrichtern, Sperrspannungen (Batterien) nötig, so daß das Gerät wahrscheinlich nicht sehr einfach in seinem Aufbau ist. Da die Schaltervorgabezeit in Grad eingestellt wird, ist die tatsächliche Zeit schlupfabhängig.

Die heute auf dem Markt befindlichen Relais besitzen dagegen eine vom Schlupf unabhängige Vorgabezeit, die tatsächlich die Zuschaltung genau im Moment des Synchronismus bewerkstelligen. Außerdem sind diese Relais von jeder Hilfsspannung unabhängig.

Ngb

DK 621.314.21 : 621.317.333.8

**Die Stoßprüfung von Transformatoren.** [Nach F. Beldi: Brown Boveri Mitt. 37 (1950) S. 179; 15 S., 23 B.]

Die Arbeit bringt weitere Meßergebnisse mit der von Hagenuth im Jahre 1944 empfohlenen Methode<sup>1</sup>, Isolationsfehler bei der Stoßprüfung von Transformatoren durch Messung des über den geerdeten Sternpunkt abfließenden Stromes mittels Kathodenstrahloszillographen aufzufinden. Sie bildet insofern eine Ergänzung zu der vor einiger Zeit von Rippon u. Hickling über das gleiche Thema veröffentlichten Arbeit<sup>2</sup>, umso mehr als der Verfasser ebenso wie die beiden englischen Forscher seine Untersuchungen lediglich auf die Beeinflussung des langsamen quasistationären Stromgliedes durch einen Wicklungsfehler beschränkt. Er stellt daher ebenfalls eine Abnahme der Anzeigeempfindlichkeit durch Kurzschluß von Nachbarwicklungen fest, während doch die Änderung der im Strom enthaltenen Ausgleichsschwingungen bei auftretenden Wicklungsfehlern durch den Kurzschluß von Nachbarwicklungen kaum beeinflußt wird.

Die an einem 250 kVA-Trafo für 30 kV aufgenommenen Stromoszillogramme lassen selbst bei einem Durchschlag von nur 0,175% der gesamten Windungszahl bei Vollwellen noch mit einiger Sicherheit die Tatsache eines Schadens aus dem gegenüber unbeschädigter Wicklung geänderten Stromverlauf erkennen. Auch Gleitentladungen zwischen benachbarten Wicklungsteilen oder zwischen Wicklung und Erde werden durch Störungen im Oszillogramm angezeigt. Dagegen kann der Fehlerort bei dieser Methode nicht unmittelbar

erkannt werden, das ist nur auf Grund zahlreicher, vorher bei verschiedenen Fehlerstellen aufgenommenen Oszillogramme durch Vergleich mit dem Versuchoszillogramm möglich. In dieser Beziehung haftet daher dem Verfahren eine große Unsicherheit an.

Bei abgeschnittenen Wellen zeigt der Sternpunktstrom auch bei unbeschädigter Wicklung einen von dem Zeitpunkt des Klemmüberschlages abhängigen Verlauf. Für kurze Spannungsstöße verschwindet das quasistationäre Glied praktisch gänzlich, so daß eine sichere Fehlermeldung dann überhaupt nicht mehr möglich ist. Der Vorschlag, die Prüfung mit abgeschnittenen Wellen durch eine Prüfung mit Vollwellen entsprechend steilerer Stirn zu ersetzen, scheidet andererseits daran, daß bei großen Transformatoren die erhebliche Eingangskapazität der Wicklung zwangsläufig zu einer Verflachung der Vollwellenstirn führt.

Der Verfasser hat deshalb für die Fehleranzeige in solchen Fällen einen elektroakustischen Wandler entwickelt, der auf die hydrodynamischen Störungen im Öl anspricht. Oszillogramme, die bei der Vollwellenprüfung von Transformatoren von 250 ... 30 000 kVA mit diesem Wandler aufgenommen wurden, stimmen in der Fehleranzeige völlig mit der kathodenstrahloszillographischen Messung überein. Für die Prüfung mit abgeschnittenen Wellen liegen aber auch noch keine Erfahrungen mit dieser Methode vor.

Eine Anzeige des Fehlerorts ist selbstverständlich vom dem elektroakustischen Verfahren nicht zu erwarten. Daß der Verfasser trotzdem jetzt schon die Stoßprüfung mit Vollwellen als Typenprüfung von Transformatoren vorschlägt, erscheint daher etwas gewagt. Zweifellos bedarf die Frage der Bestimmung des Fehlerortes sowie die der Fehlermeldung bei der Stoßprüfung mit abgeschnittenen Wellen noch eingehender Untersuchungen.

Ets

## Meßtechnik

DK 621.317.39 : 532.15

**Elektrisches Viskosimeter.** [Nach A. R. Boyle: J. sci. Instr. 27 (1950) S. 41; 3. S., 4 B.]

Durch einen Spezialmotor wird in der zu untersuchenden Substanz ein Widerstandskörper gedreht. Der Zweiphasenmotor ist so konstruiert, daß bei Belastungsänderung in einer der beiden Phasen starke Stromänderungen auftreten (Bild 3). Aus dem elektrischen Strom kann man auf die Belastung des Motors und mit geeichten Widerstandskörpern auf die Viskosität des untersuchten Gutes schließen. Der Strom steigt dabei in weiten Gebieten proportional zum Quotienten aus Drehmoment durch Umdrehungszahl, also auch proportional zur dynamischen Zähigkeit.

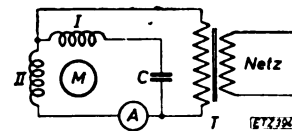


Bild 3. Der Zweiphasen-Kurzschlußläufer M wird über den Strommesser A und den Hilfskondensator C von einem Transformator T mit rd. 20 V Sekundärspannung gespeist. Im Leerlauf führt die Phase II nur einen sehr geringen Strom, der mit der Belastung stark ansteigt.

Gegenüber älteren, ähnlichen Verfahren bietet der neue Motor den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß die angemessene Phase im Leerlauf praktisch keinen Strom führt und daß die Strommesserskala unmittelbar in Viskositäts-einheiten geeicht werden kann, weil Spannungsschwankungen sich nur unwesentlich auswirken. Ebenso sind Temperatureinflüsse nicht zu befürchten. Der Meßbereich kann sowohl durch Auswechseln der Widerstandskörper als auch durch Polumschalten des Motors geändert werden. Ein gewisse Nachteil des beschriebenen Gerätes ist, daß die Geschwindigkeit des Rotors verhältnismäßig stark von der Viskosität abhängt. Zäh Flüssigkeiten bremsen den Rotor stark ab. Das kann zu undefinierten Werten bei all den Stoffen führen, die zu Thixotropie neigen oder Erstarrungsstrukturen zeigen. Die in diesen Fällen notwendige Angabe der Meßdrehzahl ist hier naturgemäß unmöglich.

Eu

DK 621.317.32

**Hydrodynamische Methode zur Messung elektrischer und magnetischer Felder.** [Nach A. D. Moore: J. appl. Phys. 20 (1949) S. 790; 13 1/2 S., 40 B.; Electr. Engng. 69 (1950) S. 607; 4 1/2 S., 10 B.]

A. D. Moore macht elektrische und magnetische Felder durch ein hydrodynamisches Strömungsbild sichtbar. Hierzu bringt er auf einer Platte aus Gips oder noch besser auf „künstlichem Stein“, wie er von Zahnärzten verwendet wird, die Feldbegrenzungen bzw. die Senken und Quellen des Feldes in Form von Gummiplatten bzw. Löchern aus-

<sup>1</sup> Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 63 (1944) S. 999.

<sup>2</sup> Proc. Instn. electr. Engrs. 96 (1949) S. 769; Referat: ETZ 71 (1950) S. 660.

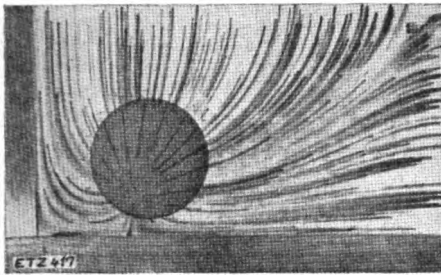


Bild 4. Hydrodynamische Felddaufnahme mit „Sandbett“-senke.

Soweit das Feld räumlich ausgedehnte Elektroden bzw. Senken und Quellen besitzt, umgibt er die Löcher mit einem „Sandbett“, indem er den Umriss der Elektroden bzw. Quellen und Senken durch ein engmaschiges Netz aus Messing oder Bronze nachbildet, ihren Innenraum mit Quarzsand oder mit grobkörnigem Metallstaub füllt und auf diese Weise einen gleichmäßigen Wasseraus- bzw. -eintritt an den Elektroden bzw. Quellen und Senken erzwingt. Das auf diese Weise hergestellte Feldmodell wird nach oben in einem Abstand von 3... 4 mm durch eine Glasplatte begrenzt; die Strömungsfäden werden dadurch sichtbar gemacht, daß an den Stellen, an denen das Wasser zutritt, kleine Kristalle von Malachitgrün oder Kaliumpermanganat eingestreut sind,

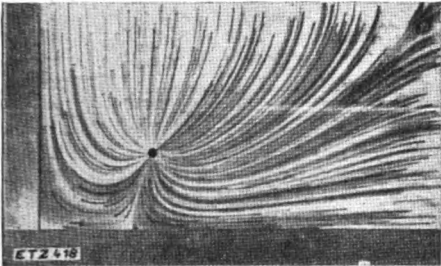


Bild 5. Hydrodynamische Felddaufnahme mit einfacher Senke.

von denen aus sich entsprechend gefärbte Fäden in Richtung der Stromlinien vorbewegen. Das auf diese Weise erhaltene Stromlinienbild wird photographiert und kann nach den Methoden der graphischen Feldbestimmung hinsichtlich der Stromliniendichte und der Äquipotentiallinien ergänzt werden. Die Methode ist sehr anschaulich, wenn sie auch ohne nachfolgende graphische Auswertung nur qualitativen Charakter hat. Sie bietet namentlich bei der Aufnahme magnetischer Felder gegenüber anderen Methoden der Feldbestimmung gewisse Vorteile, wobei es auch möglich ist, Eisen unendlicher Permeabilität durch eine Anordnung einer bzw. zweier Quellen- oder Senkenreihen zu ersetzen. Bild 4 und 5 mögen eine Vorstellung von den Meßbildern geben. In beiden Bildern hat der Fluß auf der oberen und rechten Seite ungehinderten Zutritt zum Meßfeld, während die beiden anderen Seiten nicht durchflossen werden können. In Bild 4 ist in der linken unteren Ecke eine „Sandbett“-senke angeordnet, in Bild 5 dagegen eine einfache Senke an Stelle des Sandbettes. Man erkennt sehr schön die von den einzelnen Farbkristallen ausgehenden Stromlinien. Strigel

DK 621.362

**Das Thermoelement als Energieumformer.** [Nach L. Geiling: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 536; 3 S., 2 B.]

Von Zeit zu Zeit taucht immer wieder das Thema der unmittelbaren Umwandlung von Wärme in elektrische Energie auf. Neben dem Brennstoffelement ermöglicht das Thermolement diese unmittelbare Umwandlung. L. Geiling untersucht unter Erfassung aller Einflußgrößen den Wirkungsgrad einer solchen Anordnung und legt die praktischen Grenzen fest. Ausgehend von den thermoelektrischen Effekten (Seebeck-Effekt oder Thermokraft, Peltier-Effekt und Thomson-Effekt) wird das Prinzipschema eines Thermoumformers festgelegt; die Einzelvorgänge erläutert ein Energiefluß-Diagramm. Dann wird eine Formel für den Wirkungsgrad abgeleitet; sein theoretischer Höchstwert liegt bei 50%. Der absolute Höchstwert erreicht aber 66%, da die Joulesche Wärme z. T. die Temperatur der warmen Lötstelle erhöht. Diese Werte setzen andererseits eine Abkühlung der kalten Lötstelle bis zum absoluten Nullpunkt voraus. Die obere Temperaturgrenze liegt beim Schmelzpunkt des niedrigschmelzenden Thermometalls. Daher sind die praktisch er-

reichbaren Werte erheblich kleiner. Der Verfasser kommt für den Wirkungsgrad auf praktisch erreichbare Werte von nur 3... 6%.

Weiterhin ermittelt er an einem Beispiel den Werkstoffbedarf zu 1373 kg/kW abgegebener Leistung. Dieses Ergebnis ist gleichbedeutend mit der praktischen Undurchführbarkeit des Gedankens, auf diesem Wege elektrische Energie zu gewinnen oder durch Umkehrung des Prinzips Kälte zu erzeugen. GOF

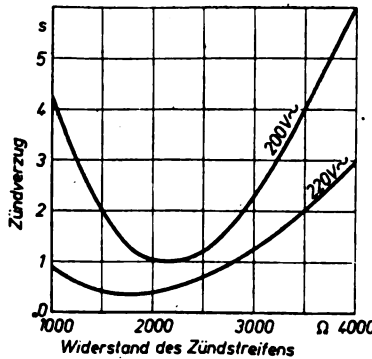
Lichttechnik

DK 621.327.43

**Eine unmittelbar zündende Leuchtstofflampe in Reihe mit einer Glühlampe.** [Nach W. Elenbaas u. T. Holmes: Philips techn. Rdsch. 12 (1950) S. 133; 7 1/2 S., 11 B.]

In dem Bestreben, die Niederspannungs-Leuchtstofflampe ohne Drosselspule betreiben zu können und sie rasch zu zünden, wurde von Philips eine Lampe Typ TLS entwickelt. Als Vorschaltwiderstand zur Strombegrenzung in der Niederspannungs-Leuchtstofflampe dient eine Spezialglühlampe (135 V; 0,5 A). Damit die Niederspannungs-Leuchtstofflampe ohne Drosselspule und Glimmstarter zündet, wurde auf der Innenwand des Glasrohres ein Widerstandsstreifen aufgebracht. Der Streifen besteht aus einem Gemisch aus Graphit und Email. Der günstigste Gesamtwiderstand des rd. 1,2 m langen Streifens von 2 mm Breite beträgt 1500... 2500 Ω. Der Widerstandsstreifen ist auf einer Seite mit der Elektrode der Lampe leitend verbunden, auf der anderen Lampenseite reicht er dicht bis an die Gegenelektrode heran.

Die Zündung ohne Spannungsstoß muß man sich folgendermaßen vorstellen: Nach dem Einschalten entsteht bei Netzspannung eine Glimmentladung zwischen dem freien Ende des Streifens und der benachbarten Elektrode, da hier die Feldstärke am größten ist. Der Glimmstrom fließt nur bei positiver Polung des Widerstandsstreifens. Bei jedem Glimmstromintervall breitet sich die Entladung weiter in Richtung



ETZ 399

Bild 6. Verzögerungszeit T zwischen dem Einschalten und dem Zünden einer TL„S“-Lampe von 40 W (in Serie mit einer Glühlampe), als Funktion des Widerstandes R des Streifens, bei 220 V und 200 V Wechselspannung des Netzes.

zur anderen Elektrode aus, so daß immer weniger Widerstand des Streifens vorgeschaltet ist und die Entladung an Intensität zunimmt. Schließlich geht der Zündvorgang in den Betriebszustand durch eine Bogenentladung zwischen den Hauptelektroden über. Die Zeitdauer des Zündvorganges ist von dem Widerstand des Streifens und von der Netzspannung abhängig (Bild 6). Die Lampe zündet bei einer Betriebsspannung von 220 V nach 0,4... 0,6 s, bei 180 V nach rd. 10 s. Der Wirkleistungsverlust im Zündstreifen (2000 Ω) bei Betrieb der 40 W-Leuchtstofflampe beträgt etwa 4,5 W.

Durch den Zündstreifen, der nur mit einer Elektrode verbunden ist, entsteht eine Unsymmetrie in der Lichtstromabgabe der positiven und negativen Halbwelle bei Wechselspannung. Dem Lichtflimmern normaler Leuchtstofflampen (ohne Zündstreifen) mit 100 Hz ist bei der Speziallampe eine Flimmerfrequenz von 50 Hz mit geringerer Amplitude beigegeben. Zur Verminderung des Flimmerns ist zu empfehlen, zwei Leuchtstofflampen mit je einer vorgeschalteten Glühlampe in einem Beleuchtungskörper zu vereinen. Die Lampen werden gegenpolig eingesetzt, so daß die Unsymmetrie der Lichtstromschwankungen beseitigt ist. Aus einer derartigen Leuchte tritt bei einer Leistungsaufnahme von 215 W ein Gesamtlichtstrom (2 Leuchtstofflampen und 2 Glühlampen) von 5600 lm aus.

Die Eigenart der Lampe — ohne Zündspannungsspitze einen Glimmstrom zu führen — macht den Gebrauch eines Sicherheitssockels an der Lampe und einer Sicherheitsfassung an der Leuchte notwendig. Bei einseitig eingesetzter Leuchtstofflampe ist die Berührung eines spannungsführenden Teiles ausgeschlossen. Die Fassung ist so eingerichtet, daß der Stromkreis erst nach Drehen der Lampe geschlossen wird.

Als Vorteil dieser Leuchtstofflampen wird angeführt, daß die schwere Drosselspule und der Starter entbehrlich sind,

der Leistungsfaktor ist auch ohne Kondensator nahezu gleich Eins. Der Betrieb solcher Lampen (allerdings mit zwei Zündstreifen) an Gleichstrom ist bei zeitweiser Umpolung ungeschwer möglich.

Anmerkung des Berichters: Aus den Angaben der Leistungsaufnahme (215 W) und des Lichtstromes (5600 lm) errechnet sich eine Lichtausbeute von 26 lm/W. Normale Niederspannungsleuchtstofflampen (40 W) mit Drosselspule haben eine Lichtausbeute von etwa 43 lm/W. Bei Betrieb dieser Niederspannungsleuchtstofflampen mit Vorwiderstand sinkt die Lichtausbeute bis auf 18 lm/W.

DK 621.327.43 : 629.12

**Leuchtröhren auf See.** — Das kürzlich in den Dienst gestellte Schiff „Keitum“ der Nordfriesischen Reederei (1700 Brt) führt als erstes deutsches Schiff, vielleicht sogar als erstes Schiff überhaupt, das Reedereiabzeichen und den Schiffsnamen in Leuchtröhrenauführung. Beiderseits des Schornsteins befindet sich ein Kreis von 2 m Durchmesser aus rotleuchtenden Neonröhren und in ihm der 1,30 m hohe Buchstabe Z aus weißleuchtenden Osram-Leuchtstoffröhren. Oberhalb der Brücke ist backbord- und steuerbordseitig der Schiffsname in 40 cm hohen Buchstaben angebracht, gleichfalls aus weißleuchtenden Leuchtstoffröhren.



Bild 7. Erste Leuchtröhrenanlage an Bord.

Die Leuchtröhrenanlage besteht aus rund 34 m gebogenem Leuchtröhr und wird aus dem Bordnetz mit Strom versorgt, wobei über einen Umformer von etwa 1,4 kVA der erforderliche Wechselstrom den Spezialtransformatoren zugeleitet, mit einer Sekundärspannung von 4000 bzw. 6000 V entnommen und der Leuchtröhrenanlage zugeführt wird. Jeweils ein Schiffsname oder eine Schornsteinmarke kann getrennt ein- oder ausgeschaltet werden.

Diese Leuchtröhrenanlage ist völlig neuartig und zeichnet sich durch sehr gute Sichtbarkeit und den Kontrast der Farbtöne aus (Bild 7). Bemerkenswert sind die hohen Anforderungen, die an eine derartige Anlage gestellt werden, die ja nicht nur erheblichen Witterungseinwirkungen ausgesetzt ist, sondern auch stärksten Erschütterungen durch Seegang und Manövrierwechsel. Auch muß die Betriebssicherheit bei tiefsten Außentemperaturen, z. B. im Winter in skandinavischen Gewässern, gewährleistet sein. Zwei weitere Neubauten — „Morsum“ und „Lysdum“ — wurden mit der gleichen Anlage ausgestattet. — Die Installation wurde durch die AEG, Abteilung Schiffbau, Hamburg, ausgeführt. Hz

## Elektrowärme

DK 621.344.154.002.5

**Anwendungen der Induktionserwärmung mit Niederfrequenz.** [Nach J. Minssieux: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 285; 7 S., 10 B.]

Sieht man von der theoretischen Einführung ab, die die üblichen, praktisch leider nicht recht anwendbaren Formeln über Eindringtiefe und Leistungsbedarf umfaßt, enthält der Aufsatz eine recht gute Zusammenstellung von Anwendungsbeispielen, denen interessierende technische Daten beigelegt sind. Als erstes berichtet er über das Niederschmelzen von Metallen mit einem Schmelzpunkt unter 650 °C in Stahltiegeln, deren Wandungen bei diesen Temperaturen noch ferromagnetisch sind und zugleich als Sekundärwicklung die-

nen. Die Schmelzeinrichtungen solcher Art sind handlich und auch für kleine Schmelzmengen geeignet. So erwärmt der Verfasser eine Fabrikationsstätte mit vier Ofen dieser Art zu je 400 kg Schmelzeinhalt bei 15 kW Anschlußwert um 200 kg stündlicher Schmelzleistung je Einheit. Eine weitere Anwendung sind Autoklaven für hohe Drücke und Temperaturen bis zu 300 °C, in denen viel bequemer als bei mittelbarer Widerstandsheizung das Gefäß und sein Inhalt induktiv gleichmäßig erwärmt wird. Die Primärwicklung liegt am besten konzentrisch zum zylindrisch ausgebildeten Autoklaven. Schließlich kann man die Primärwicklung etwas tiefer als Ständerwicklung eines Ein- oder Mehrphasen-Induktionsmotors bauen, in den der Autoklav an Stelle eines Läufers eingebaut ist. Allerdings übersteigen die Mehrkosten dieser Ausführung, bei der ein Phasenschieberkondensator entbehrlich ist, trotz des guten Leistungsfaktors oft die Kosten einer Kondensatorbatterie.

Bei Drahtzieheinrichtungen wird neben der Erwärmung des ausziehenden Metallblockes die Temperatur während des Ziehvorganges im Mundstück durch dessen induktive Beheizung gehalten. Die meist künstlich gekühlte Primärspule liegt konzentrisch um die Öffnung. Als Beispiel wird ein Presse für 1500 t angeführt. Das Mundstück hat bei 800 mm Außendurchmesser etwa 4 t Gewicht. Es wird mit 75 kW geheizt; nach 4 h ist der ausziehende Metallblock auf etwa 400 °C gebracht. Auch bei Stahlbändern, die unter Druck durch Nacherwärmung entspannt werden sollen, ist die induktive Heizung der Preßbacken über besondere Heizblöcke vorteilhaft. So werden 1,8 m lange Sägeblätter in 1,5 min entspannt. Das Gerät hat 3 kW Anschlußwert. Bei der Herstellung der legierten Bleche für Generatoren und Transformatoren werden die Walzen schwach konkav ausgebildet, damit sie bei der im Betrieb auftretenden Ausdehnung vollkommen kreiszylindrisch werden. Bis zu diesem Zustand ist das Blech ungleichmäßig dick, was aber mit der Zeit verschwindet. Eine um die beiden gegenläufigen Walzen gelegte Primärspule sorgt durch induktive Vorwärmung für sofortige Gleichmäßigkeit der Blechdicke, zumal die induktive Heizung dem zu walzenden Gut jederzeit angepaßt werden kann. Ein Walzenpaar von je 8200 mm Dmr. bei 1300 mm Länge und je 8 t Gewicht wird bei 120 kW Anschlußwert aus einem Drehstromnetz in 10 h auf 300 °C vorgeheizt. Für die Vorwärmung von hochlegierten Stahlrohren vor dem Schweißen auf etwa 600...900 °C sind zweiteilige aufklappbare Spulen entwickelt worden. Für Rohre von 250 mm Außendurchmesser kommen etwa 30 kVA, bei 400 mm Dmr. 60 kVA in Betracht.

Schließlich bringt der Aufsatz als letztes Beispiel die Auftauen von Weichen im Bahnbetrieb. Die Einrichtung bleibt während der Winterzeit fest an der Schiene montiert und die Schiene bildet einen Teil des magnetischen Kreises. Heizelemente von 200 W Anschlußwert erlauben eine Temperaturerhöhung um 10 °C. Sie können zu größeren Einheiten zusammengeschaltet werden. Zum Schluß weist der Verfasser darauf hin, daß das induktive Verfahren keinesfalls die klassischen Erwärmungsverfahren verdrängen soll, sondern nur in Fällen Bedeutung hat, wo besonders schwierige Bedingungen vorliegen. HM

## Verkehrstechnik

DK 621.335.3—705 : 622.4

**Unfallverhütung an Förderlokomotiven.** — Eine große Sorge im Braunkohlenbergbau sind die Unfälle mit elektrischen Lokomotiven. Im Laufe der letzten Zeit haben die Zusammenstöße eine hohe Zahl erreicht. Neben erheblichen Materialschäden waren in vielen Fällen Ausfälle in der Produktion, Verletzte und Tote zu beklagen. Dazu kamen Schäden, die durch den elektrischen Lichtbogen im Führerstand der E-Loks entstanden sind. Es traten Störungen ein, die den E-Lokführer veranlaßten, aus der fahrenden Maschine zu springen. Untersuchungen von 67 Zugzusammenstößen, die sich allein bei 2 Braunkohlenverwaltungen des Niedersächsischen Braunkohlenreviers im Jahre 1949 ereigneten, sowie Ermittlungen über die Vorgänge bei den in den Führerständen der E-Loks entstehenden Lichtbögen haben gezeigt, daß die tieferen Ursachen der Störungen nur zu 30% dem Fahrpersonal beizumessen sind. Der eingeleitete Fahrbetrieb das Arbeitstempo, die Umstellung verschiedener Werke von Brücken- zum Fahrbetrieb, das Alter der Lokomotiven u. a. waren die tieferen Ursachen. Solange es nicht gelingt, durch technische Mittel die Störungsursachen zu bekämpfen, werden sich die vorstehend erwähnten Fälle wiederholen. Vieles wurde schon durch Schulung des Fahrpersonals erreicht.

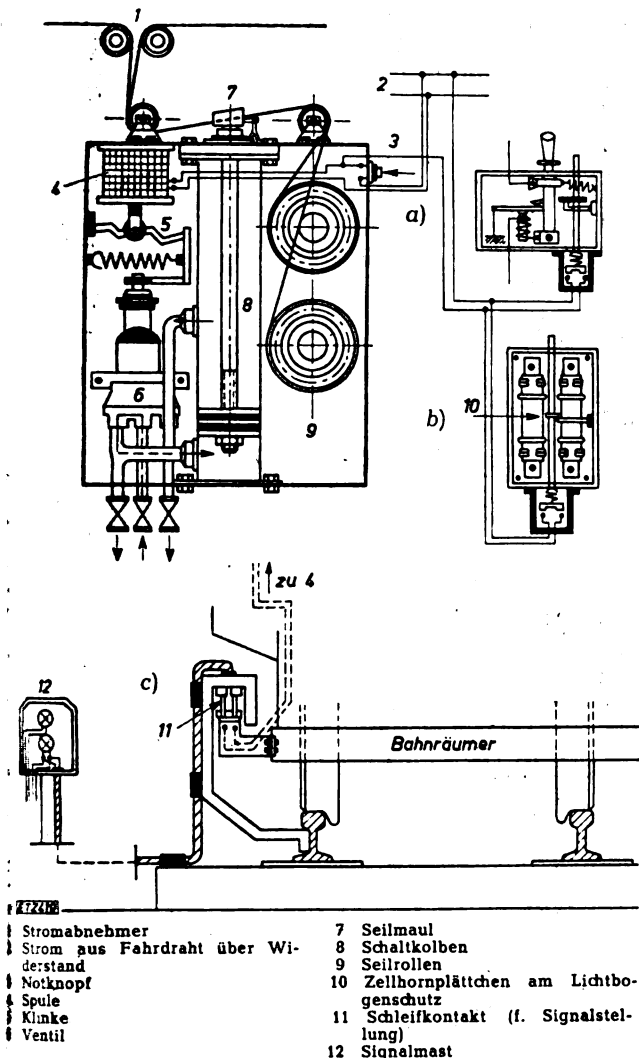


Bild 8. Selbsttätiger Stromabnehmer-Abzug mit Schnellbremsung  
 a) über Notknopf, b) bei Stehlichtbogen, c) bei Überfahren des Haltsignals.

trotzdessen wiederholten sich die Störungen in ihren Ursachen in einer gewissen Gleichmäßigkeit und bewiesen, daß nicht der Arbeiter versagte, sondern daß die technische Sicherheit den heutigen Ansprüchen nicht gewachsen war. Aus diesem Grunde wurde von Max Wolf von der technischen Bergbauinspektion in Senftenberg eine Automatik entwickelt, die dem Fahrpersonal die Arbeit erleichtert und die Störungen herabsetzt.

Wolf baute ein Gerät, das in einem Notdruckknopf alle notwendigen Handgriffe (Abziehen der Stromabnehmer, Sandstreuen, Lokomotiv- und Zugbremsung) zu einem einzigen zusammenfaßt (Bild 8). Wertvolle Sekunden werden damit gewonnen und Fehlschaltungen ausgeschlossen. Durch den Druckknopf erhält die Einschaltspule Spannung und klinkt den Federarm aus. Die Feder reißt ruckartig den Arm des Ventils herum, das Druckluftventil öffnet sich und die Druckluft strömt voll in den Schaltzylinder. Hat der Kolben die Hälfte seines Weges zurückgelegt, gibt eine Bohrung der Luft den Weg des Bremszylinders und zu den Sandstreuern frei. Dadurch fallen Bremsmoment und Abreißmoment der Stromabnehmer nicht zusammen. Zu Beginn des Gesamtvorganges, wenn sich der Schaltkolben wenige Millimeter gehoben hat, schieben sich zwei Keile in das Seilmaul und klemmen beide Stromabnehmerseile fest.

Noch gefährlicher ist es, wenn ein Kurzschluß in der Lokomotive auftritt und der entstehende Lichtbogen das Personal bedroht. Durch das Gerät von Wolf wird über einen Lichtbogenschutz der Strom sofort unterbrochen und der Zug zum Stehen gebracht. Der Überwachungsmechanismus für den Lichtbogen besteht im wesentlichen aus einem Filmstreifen, der fest auf einem Isolierstab sitzt und von einem Stift gehalten wird. Der Filmstreifen verpufft im Moment der Lichtbogenentstehung, und der Isolierstab gibt über die Kon-

taktbrücke der Einschaltspule einen Stromimpuls. Der Abgriff für den Impuls durch das rote Haltesignal befindet sich seitlich am Bahnräumer. Die Bronzefedern erhalten nur Spannung, wenn die rote Lampe brennt. Sgd

Magnetismus

DK 538.114

Ferromagnetische Resonanz. [Nach J. van Harlem: Phys. Bl. 6 (1950) S. 295; 7 S.]

Wie bereits in dem Bericht „Gyromagnetische Erscheinungen bei Ferriten“ ausgeführt wurde<sup>1</sup>, steht die seit 1946 bekannte Erscheinung der ferromagnetischen Resonanzabsorption heute im Blickpunkt der magnetischen Forschung besonders in den USA. Van Harlem hat die neueren Ergebnisse auf diesem Gebiet jetzt zusammengefaßt. Wird ein Stoff, dessen Atome ein magnetisches Moment und einen Drehimpuls  $J$  besitzen, in ein starkes, homogenes und zeitlich konstantes Magnetfeld der Stärke  $H$  gebracht, dem außerdem senkrecht zu  $H$  ein hochfrequentes magnetisches Wechselfeld überlagert ist, so tritt bei konstanter Frequenz des Wechselfeldes bei einem bestimmten Wert von  $H$  eine starke Absorption der das magnetische Wechselfeld erzeugenden elektromagnetischen Wellen ein. Das ist die Grunderscheinung der ferromagnetischen Resonanz. Es handelt sich dabei um eine Resonanz des Wechselfeldes mit der Larmorpräzession, welche die magnetischen Atommomente um die Richtung des starken Gleichfeldes ausführen. Diejenige Stärke des magnetischen Gleichfeldes, bei der an ferromagnetischen Stoffen eine Resonanzabsorption von Mikrowellen beobachtet wird, ist abhängig von der Gestalt der Probe, da nicht das äußere Feld, sondern das wahre Feld für die Resonanzerscheinung maßgeblich ist. Aus der Resonanzabsorption läßt sich das Verhältnis  $g$  von magnetischem zu mechanischem Moment berechnen, es liegt mit Ausnahme der Heuslerschen Legierung meistens etwas oberhalb 2, während die kreiselmagnetischen Effekte einen  $g$ -Wert etwas kleiner als 2 ergeben. Diese Diskrepanz in den  $g$ -Werten scheint nach C. Kittel durchaus reell zu sein und läßt sich offenbar auf Kopplung des elektronischen Drehimpulses mit dem Gitter bei der ferromagnetischen Resonanz zurückführen, wengleich eine quantitative Berechnung noch aussteht. Die ferromagnetische Resonanz an anisotropen Stoffen gestattet, die Anisotropiekonstante  $K_1$  unabhängig von statischen Messungen zu bestimmen und so zu neuem Beobachtungsmaterial zu kommen. Fbch

DK 621.318.42 : 621.395.646.001

Erweiterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. [Nach R. T. Beyer u. Ming-Yi Wei: J. Franklin Inst. 250 (1950) S. 25.]

Die vorliegende Arbeit benutzt Maschengleichungen mit linearen und nichtlinearen Gliedern zu einer Erörterung einer Theorie der magnetischen Verstärker. Sie unterscheidet sich von den sonst üblichen Ansätzen<sup>2,3</sup> durch die Berücksichtigung des Magnetisierungszustandes mit beliebig vielen Steuerwicklungen und erweitert die Betrachtungen einer früheren Veröffentlichung<sup>4</sup> auf ihre Gültigkeit bei großen Steuerströmen. Es wird vorausgesetzt, daß die Steuerwicklungen unendlich großen Scheinwiderstand haben und daß  $B = f(H)$  bekannt ist und sich mathematisch durch eine Funktion

$$B = \frac{2S}{\pi} \cdot \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\pi \mu_0}{2S} H \right)$$

ausdrücken läßt, worin  $S$  die Sättigungsinduktion und  $\mu_0$  die Anfangspermeabilität ist; dies schließt die Vernachlässigung der Hysterese ein. Es wird nur der stationäre Zustand des Verstärkers betrachtet und angenommen, daß  $B$  gleichmäßig über den Querschnitt  $A$  verteilt ist.

Für eine beliebige Masche  $j$  eines aus  $w$  Wicklungen bestehenden magnetischen Verstärkers wird die Gleichung

<sup>1</sup> ETZ 71 (1950) S. 569.  
<sup>2</sup> Th. Buchhold: Über gleichstromvormagnetisierte Wechselstrom-Drosselspulen und deren Rückkopplung. Arch. Elektrotechn. 36 (1942) S. 221.  
 Zur Theorie des magnetischen Verstärkers: Arch. Elektrotechn. 37 (1943) S. 197.  
<sup>3</sup> W. Schilling: Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers; ETZ 71 (1950) S. 7.  
<sup>4</sup> J. A. Krumhansl u. R. T. Beyer: J. appl. Phys. 20 (1949) S. 432. Barkhausen Noise and Magnetic Amplifiers. I. Theory of Magnetic Amplifiers.



$$E_j = Z_j \frac{d i_j}{dt} + n_j \frac{d \Phi}{d H} \frac{d H}{dt}$$

geschrieben, worin  $E_j$  die EMK des in der Masche  $j$  liegenden Generators ist,  $Z_j$  sein linearer Scheinwiderstand und  $n_j$  die Anzahl der in der Masche  $j$  liegenden Windungen. Da  $d\Phi/dH = A \cdot dB/dH$  von Strömen  $i$  aller Windungen abhängt und

$$H = \sum_{k=1}^{k=w} \frac{n_k \cdot i_k}{l}$$

ist, wird die Maschengleichung:

$$E_j = Z_j \left( \frac{d}{dt} \right) i_j + \frac{A n_j}{l} \cdot \frac{dB}{dH} \cdot \sum_{k=1}^{k=w} n_k \left( \frac{d}{dt} \right) i_k$$

$$\text{oder } E_j = Z_j \left( \frac{d}{dt} \right) i_j + n_j g(i_1, i_2 \dots i_w) \cdot \sum_{k=1}^{k=w} n_k \left( \frac{d}{dt} \right) i_k$$

geschrieben. Die Funktion  $g(i_1, i_2 \dots i_w)$  wird in eine Taylorsche Reihe um die Stelle  $P(i_1, i_2 \dots 0)$  entwickelt, wenn  $i_1$  als erheblich größer als jedes andere  $i$  angesehen werden kann. Ist  $i_1$  außerdem noch sinusförmig, so können die Maschengleichungen nach Fourier analysiert werden und man erkennt daraus, daß die Amplituden der geraden harmonischen Spannungen lineare Funktionen der Steuerleichströme sind.

Für große Gleichströme wird die Funktion  $g(i_1, i_2, \dots i_w)$  um die Stelle  $P(i_1, i_2, 0 \dots 0)$  in eine Reihe entwickelt und durch Fourier-Analyse gezeigt, daß mit zunehmenden Steuerleichströmen die Amplituden der geraden harmonischen Spannungen von der Linearität abweichen und durch ein Maximum gehen. Diese Berechnungen werden durch einige Versuchsergebnisse belegt. Außerdem wird der Einfluß der 3. Harmonischen im Laststrom untersucht und nachgewiesen, daß für kleine Steuerströme kein wesentlicher Fehler durch die Vernachlässigung der höheren Harmonischen entsteht.

DK 528.11

**Experimentum Cruci für die Bestätigung der Einzelbereichseigenschaft feiner ferromagnetischer Pulver.** [Nach C. Kittel, J. K. Galt u. W. E. Campbell: Phys. Rev. 77 (1950) S. 725.]

Die vorherrschende Ansicht zur Erklärung der Dauermagneteigenschaften feinsten ferromagnetischer Pulver besteht darin, die Körner dieser Pulver als ferromagnetische Elementarbereiche anzusehen. Die im Sinne der Beckerschen Theorie liegende Möglichkeit, die Dauermagneteigenschaften auch in diesen Fällen durch starke innere Spannungen zu erklären, wird jetzt erstmalig exakt widerlegt. Die Verfasser zeigen, daß zur Sättigung solcher feiner Pulver für den Fall, daß die Körner aus mehreren Elementarbereichen bestehen, stark entmagnetisierende Felder (beim Carbonylnickel von  $8 \mu > 2100$  Oe) zunächst zu überwinden sind, die fortfallen, wenn die Pulverkörner aus Einzelbereichen bestehen. Durch Versuche an Nickelpulver, hergestellt durch thermischen Zerfall von Nickel-Formiat bei  $250^\circ\text{C}$  (Korngröße:  $200 \pm 50 \text{ \AA}$ , Kornform: fast kugelig) ließ sich zeigen, daß ein Feld von nur  $550 \pm 50$  Oe notwendig ist, um das Pulver magnetisch zu sättigen. Damit ist erstmalig ein eindeutiger experimenteller Beweis erbracht, daß die Körner des Pulvermagneten Einzel-Elementarbereiche sind. Damit entfällt auch der Einfluß der inneren Spannungen, da die Tatsache der Einzelbereiche an sich ausreicht, um die bisher gemessenen Dauermagneteigenschaften zu erklären.

Fbch

**Physik**

DK 536.7

**Das Wirbelrohr nach Hilsch in einer für Demonstrationen geeigneten Form.** [Nach M. P. Blaber: J. sci. Instr. 27 (1950) S. 168; 2 S. 2 B.]

Läßt man in ein beiderseits offenes Rohr in der Mitte durch eine tangentielle Düse Druckluft einströmen, so kann der Luftstrahl nur mit einer Schraubenströmung entweichen.

Die Zentrifugalkraft bewirkt dabei im Rohrrinnern nahe Wandung eine Druckerhöhung, während in Achsenähne terdruck herrscht. Die Luft in diesem Unterdruckgebiet im Zentrifugalfeld von hohem Druck an der Rohrwand entspannt worden und hat während ihrer Expansion einen erheblichen Teil ihrer kinetischen Energie an die äußeren Schichten abgegeben. Im Rohr herrscht also ein radiales Temperaturgefälle: innen kalt, außen warm. Durch den Einfluß einer Blende  $B$  unmittelbar neben die Düse kann man zunächst das Rohr insofern unsymmetrisch machen, jetzt die eingeblasene Luft nur noch nach links abströmen lassen. Das achsennahe Unterdruckgebiet saugt dabei durch die Blende Luft von rechts an. Man fügt weiterhin am linken Rohrende eine Drossel ein, die soweit von der Düse entfernt ist, daß die Schraubenströmung schon weitgehend in axiale Strömung übergegangen ist. Dadurch wird die achsennahe Luft durch die Blende  $B$  nach rechts gedrückt. Die Luft links strömt also die heißeren, peripheren Teile der Schraubenströmung, während nach rechts die kalte, paraxiale Luft weggedrückt wird. Mit Luft von einigen Atmosphären Druck und einer Ausgangstemperatur von  $20^\circ\text{C}$  sind links  $+200^\circ\text{C}$  und rechts  $-50^\circ\text{C}$  erreicht worden.

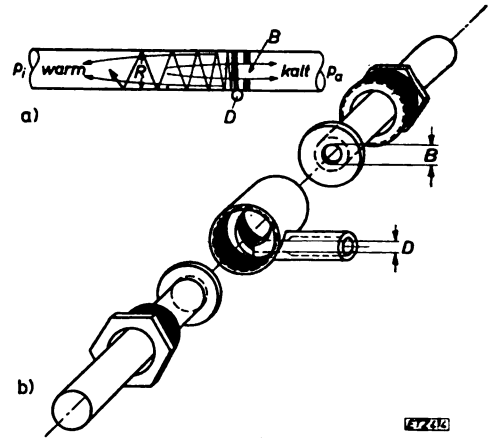


Bild 9. Das Prinzip des Wirbelrohres.

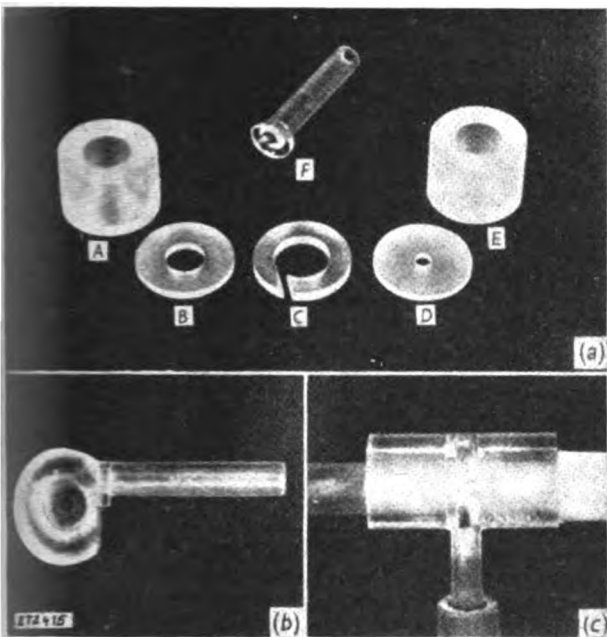
Das eben geschilderte Prinzip ist 1933 von R. Ranque angegeben worden. R. Hilsch in Erlangen hat es in einer praktisch verwendbaren Form gebracht (Bild 9) und in einer längeren Arbeit die besten Bedingungen für den Bau eines solchen Wirbelrohres aufgesucht<sup>1</sup>. Trotz des einfachen Aufbaues (Bild 10) sind sehr viele Veränderungen zu berücksichtigen, dabei sind die theoretischen Betrachtungen einer kompressiblen Strömung nur schwer durchführbar. Hilsch hat daher an verschiedenen Wirbelrohren experimentell gemessen und seine Ergebnisse in Kurven und Tabellen niedergelegt. Er kommt zu dem Schluß, daß ein läufiges Wirbelrohr für den Ersatz der heutigen Kühlschinen wenig Aussichten bietet, wenn man von besonderen Verhältnissen absieht. Dagegen wird sich das neue Verfahren bei tiefen Temperaturen, z. B. bei der Gasverflüssigung, mit großem Vorteil einsetzen lassen.

Das von Hilsch entwickelte Verfahren hat bei seiner Bekanntwerden nach Kriegsschluß in den angelsächsischen Ländern mit Recht großes Aufsehen erregt. Es wird in Kürze zu den Standardversuchen der Experimentalphysik-Vorlesungen gehören.

Daher sei im folgenden kurz auf eine einfache und gante Form eingegangen, die M. P. Blaber bei Kodak entwickelt hat. Er benutzt Glasrohre von 10 mm innerem Durchmesser und einer Länge von je rd. 500 mm, die von einem durchsichtigen Kunststoffkopf gehalten werden. Dieser Kopf der die Einströmdüse und die Blende  $B$  enthält, ist aus durchsichtigen Kunststoffscheiben zusammengeklebt. Die Abmessungen der Teile  $A$  und  $E$  richten sich lediglich nach den Messungen der verwendeten Glasrohre.  $B$  ist 2 mm dick, hat eine Bohrung vom Innendurchmesser des Glasrohres mit die Wirbelströmung gut über die Stoßstelle kommt.  $C$  2,5 mm dick, hat innen 14 mm Dmr., tangentialen Einlaß  $F$  2,3 mm;  $D$  ist 2 mm dick, die Bohrung hat 4,3 mm Dmr. Einlaßdüse  $F$  wird an eine angefräste Fläche geklebt, sie hat eine Bohrung von 5 mm Dmr. Alle Teile müssen innen glanzpoliert werden. Als Drossel wird auf das linke Ende

<sup>1</sup> G. Ranque: J. Phys. Radium (7) 4 (1933) S. 112.  
<sup>2</sup> R. Hilsch: Z. Naturforsch. 1 (1946) S. 208; und Rev. Sci. Instr. 18 (1947) S. 108.





DK 539.16 : 62  
Bild 10. Einzelteile (a) und Zusammenbau (b, c) des Düsenkopfes aus Plexiglas für ein Demonstrationsmodell des Wirbelrohres nach Hilsch.

in Stück Gummischlauch mit einem Quetschhahn geschoben. Bei 4 atü Betriebsdruck ergeben sich optimale Endtemperaturen von + 80° und - 20 °C. Eu

**Die Anwendung radioaktiver Isotope in der Technik.** [Nach S. Hähnel: Tekn. T. 80 (1950) S. 765; 8 1/4 S., 12 B.]

S. Hähnel gibt auf Grund amerikanischer Quellen einen umfangreichen Bericht über die bisherigen Anwendungen strahlender Isotope in der Technik sowie über die wegen der Gefährlichkeit der Strahlung notwendigen Schutzmaßnahmen. Der Bericht schließt sich an eine frühere ähnliche Zusammenstellung an<sup>1</sup>, die die Laboratoriumsarbeiten mit radioaktiven Stoffen behandelte.

Schon seit über zehn Jahren werden radioaktive Spurenstoffe bei biologischen und medizinischen Forschungen angewendet; ihre großzügige Anwendung wurde aber erst durch die Atombrenner und das umfassende Verteilungsprogramm der Kommission für Atomenergie (AEC) ermöglicht. Zur quantitativen Analyse benutzt man die Spuren- und Verdünnungsanalyse, während die Aktivierungsanalyse nur qualitative Angaben liefert. Bei dieser wird die zu untersuchende Stoffprobe in einem Atombrenner aktiviert und aus der entstehenden Strahlung schließt man auf die Zusammensetzung. Isotope gestatteten in der Metallurgie die Austauschvorgänge zwischen Eisenschmelze und Schlackenschicht zu erfassen, auch können Erscheinungen wie die Eigenleuchtanalyse und die Struktur von Metallen und Legierungen sowie Seigerungsvorgänge auf dieser Grundlage viel besser als früher studiert werden. Bei der sogenannten Radio-Autoneutronographie wirkt eine flache Metallprobe mit gekennzeichneten Isotopen auf eine daraufgelegte Feinkornplatte ein. Nach Entwicklung und Vergrößerung der Platte zeigt sich deutlich die innere Struktur und Verteilung der Zusätze. Im Maschinenbau und der chemischen Technik finden strahlende Isotope viele Anwendungen bei der Untersuchung der Reibung, Vulkanisierung, Korrosion und Katalyse. Ganz besonders nützlich sind sie beim Studium der Abnutzung und Abreibung in Verbrennungsmotoren, bei laufenden Flüssigkeitsstandsmessungen in unzugänglichen Behältern und bei der Messung des Eisenstandes in Hochöfen.

Von entscheidender Bedeutung sind die Maßnahmen, die den Schutz des arbeitenden Personals erfordert. Die von der direkten Strahlung verursachte Gefährdung läßt sich eher abschätzen als die schwache, aber andauernde Strahlung von etwa liegengelassenen radioaktiven Stoffen, oder — was noch schlimmer ist — die von eingeatmeten oder beim Essen und Trinken in den Körper gelangten radioaktiven Stoffen. Von diesen sind wiederum besonders verhängnisvoll solche, die im Körper verbleiben und nicht ausgeschieden werden.

<sup>1</sup> S. Hähnel: Tekn. T. 79 (1949) S. 365.

Je nach dem Grad der Gefährdung unterscheidet man strahlungsmäßig „kühle“, „halbheiße“ und „heiße“ Laboratorien. Bezüglich der zulässigen Strahlendosis ist man immer noch mehr oder weniger auf Schätzwerte angewiesen. Man nimmt heute an, daß eine ständige Strahlendosis von 0,3 r/Woche zwischen dem 21. und dem 70. Lebensjahr das Leben um nicht mehr als drei Monate verkürzt.

Bei harmlosen Isotopen genügen gewöhnliche Laborbecher zur Abschirmung oder Behälter aus dem durchsichtigen Kunststoff Luzit von mäßiger Stärke; bei schwierigeren Isotopen gelangt man aber rasch zu umfangreichen und kostspieligen Konstruktionen mit Fernbedienung. In ihrem Erfindungsreichtum haben Physiker mitunter sogar elektrische Spielzeugeisenbahnen zum Transport „heißer“ Stoffe herangezogen.

Ansteckplaketten mit Photofilm und Ionisierungskammern in Form von Füllfederhaltern geben den einzelnen Arbeitern nachträglich einen Überblick über die Strahlung, der sie im Lauf des vergangenen Tages ausgesetzt waren. Kleidung und Arbeitstische werden laufend mit Geigerzählern abgesucht. Bei mehr als 300 Ausschlägen/min muß die Kleidung ausgewaschen werden. In vielem entsprechen die geschilderten Techniken den in bakteriologischen Laboratorien üblichen Verfahren. Kau

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 538.27 : 621.318.4

**Verbiegungseinfluß bei Kernblechen aus Mumetall.** [Nach Fritz A B m u s : Frequenz 4 (1950) S. 193; 3 S., 2 B.]

Bei den magnetischen Werkstoffen ist es allgemein bekannt, daß die magnetischen Eigenschaften sehr stark von den mechanischen Spannungen abhängen. Diese können innere Werkstoffspannungen, aber auch von außen eingebracht sein. Bekanntlich berücksichtigt auch die Beekersche Theorie der technischen Magnetisierungskurve diese Spannungen in starkem Maße. In der Praxis stören solche Spannungen besonders die Gebrauchseigenschaften magnetisch weicher Werkstoffe, die als dünnes Band oder Blech hergestellt werden und die nach der spannungsbeseitigenden Schlußglühung meistens als Kerne von Spulen (Kernbleche) eingesetzt werden. Bei den Mantelkernen hat sich das Einbiegen den Zungen in die fertigen Spulen schon immer als magnetisch sehr schädigend gezeigt, da die damit verbundenen Verbiegungen einen starken Einfluß auf die Permeabilität besitzen. Das trifft umso stärker zu, je höher die Permeabilität ist. Man ist daher auch schon frühzeitig dazu übergegangen, fertig geglühte Ringkerne einzusetzen, um welche die Spulen gewickelt werden, ohne die Metallkerne wegen der einfacheren Spulsherstellungsart ganz ausschalten zu können.

F. A B m u s hat nun wohl erstmalig quantitative Untersuchungen über den Verbiegungseinfluß an solchen Mantelkernen angestellt, indem er die Zungen einer Reihe von M-Schnitten jeweils vor dem Einschachteln um bestimmte Längen ausgebogen hat und die damit verbundene Verschlechterung der Anfangspermeabilität bestimmte. Die Untersuchungen wurden an der bekannten Eisen-Nickel-Kupfer-Chrom-Legierung „Mumetall“ an verschiedenen Stärken zwischen 0,35 und 0,10 mm ausgeführt. Er findet, daß mit abnehmender Stärke der Verbiegungseinfluß sehr stark abnimmt und daß auch die Dimensionen der verschiedenen M-Schnitte dabei von Bedeutung sind. Die noch gerade ohne nennenswerte Permeabilitätsabnahme (ohne nennenswerte plastische Verformung) mögliche Ausbiegung  $f$  der Zunge soll gleich sein  $l^2/d$ , wobei  $l$  die Kernblechlänge und  $d$  die Blechdicke ist. Danach empfiehlt der Verfasser für die einzelnen M-Schnitte folgende äußerst zuzulassende Blechdicken:

M 20	0,08 mm	M 65	0,25 mm
M 30	0,10 mm	M 74	0,30 mm
M 42	0,15 mm	M 85	0,35 mm
M 55	0,20 mm	M 102	0,35 mm

Fbch

DK 621.313.045.8 : 620.191

**Bandagendrahtbruch.** [Nach Maschinenschaden 23 (1950) S. 67 u. 77; 3 S., 7 B.]

Die Ursache von Bandagendrahtbrüchen blieb lange unklar. Eingehende Untersuchungen ergaben, daß die Brüche durch Spannungskorrosion verursacht wurden (Korrosion unter gleichzeitiger Einwirkung mechanischer Kräfte). Man versuchte durch besondere Vorsicht bei der Herstellung

(Verwendung säurefreier Lötmitte) die Ursachen auszu-schalten, aber ohne durchgreifenden Erfolg. Die Neigung zur Spannungskorrosion war durch bekannte Mittel der Materialprüfung nicht feststellbar. Auch sind die maßgeblichen Einflußgrößen sowie der ganze Vorgang wissenschaftlich noch nicht genügend geklärt. Um aber dem Elektromaschinenbauer ein Mittel zur Feststellung eines ungeeigneten Drahtes an die Hand zu geben, wurde ein Prüfverfahren entwickelt, das zwar auf wissenschaftlichen Unterbau verzichtet, dessen praktische Ergebnisse aber mit der Wirklichkeit in Einklang stehen. Die praktischen Verhältnisse werden dabei möglichst weit nachgeahmt, auch die durch An- und Auslauf wechselnden Zugspannungen.

Ein Drahtstück von 1 m Länge ist unter einer Zugspannung von 50 kg/mm<sup>2</sup> von einer Korrosionslösung (n/10 HCl + 1% Eisen- (III) Chlorid) umgeben. Nach einer Einwirkzeit von mehreren Stunden wird die Belastung für 1 h ausgesetzt und das Spiel 3- bis 4mal wiederholt. Anschließend folgen Zerreiß-Versuche mit dem Draht und den entstehenden Bruchenden; man erhält so 3 bis 4 Werte. Die Festigkeitswerte sind aber allein noch nicht entscheidend, da auch durch normale Korrosion eine Querschnittsminderung und damit vorzeitiger Bruch eintritt. Korrosionsbeständigkeit und Neigung zur Spannungskorrosion sind aber zwei gänzlich verschiedene Erscheinungen.

Daher müssen weitere Kriterien herangezogen werden. Der nicht von Spannungskorrosion befallene Draht zeigt eine körnige Bruchfläche und die bekannte Einschnürung, bei Spannungskorrosion tritt aber keine Einschnürung auf und die Bruchfläche zeigt feinkörnige Struktur wie bei einem Dauerbruch. Auch ist bei normaler Korrosion die Oberfläche des Drahtes stark angegriffen, bei Spannungskorrosion ist dagegen keine Veränderung der Oberfläche wahrzunehmen. Die letzte Entscheidung bringt dann die metallographische Prüfung. Ein Längsschliff zeigt bei Spannungskorrosion das Eindringen zahlreicher feinsten Risse in den Werkstoff. Es sei noch erwähnt, daß Spannungskorrosionserscheinungen nicht auf der ganzen Länge selbst ein und desselben Drahtes aufzutreten brauchen. Deshalb ist die Untersuchung einer größeren Länge (wie bei dem beschriebenen Verfahren) nötig. Das Prüfverfahren wurde für nicht rostenden Stahl entwickelt. Andere Werkstoffe wurden nicht untersucht.

GOF

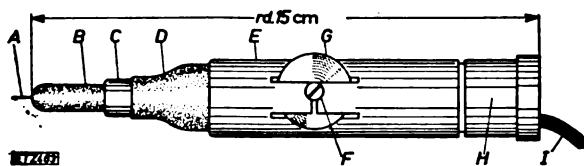
DK 621.791.332 : 621.365.39

Ein neues Lötgerät. [Nach H. Pearce u. Homewood: Electr. Tms. 118 (1950) Nr. 3075, S. 580; 1 S., 1 B.]

Besonders für Radiobastler, aber auch für die industrielle Fertigung schwachstromtechnischer Geräte ist ein neuer Löt-kolben gedacht, der in London entwickelt wurde. Sein Hauptbestandteil ist eine Kohlelektrode des Dmr. 1 cm, die axial durchbohrt ist. Durch das Loch wird isoliert der Lötzinn-draht geführt. Zwischen Kohle und Lötendraht (die gebräuch-lichen Sorten können verwendet werden) wird eine Wechselspannung von 6 V gelegt.

In der Nähe der zu lötenen Stelle setzt man die Kohlelektrode auf das metallene Werkstück auf und schließt dann den Stromkreis durch Vorschieben des Lötzins mit dem Rädchen gegen die Lötstelle. Da die Kohlelektrode einen Widerstand von etwa 3 Ω hat, kann ein Strom von rd. 2 A fließen, der die Lötstelle örtlich erwärmt und den vorderen Teil des Zinnfadens schmilzt. Die Lebensdauer der Kohlelektrode ist sehr groß, da sie sich praktisch nicht abnutzt. Den Aufbau des Kolbens verdeutlicht Bild 11. Als Stromquelle empfiehlt die Arbeit einen Rundfunktransformator, dessen 6,3 V-Heizwicklung für 2 A ausgelegt ist.

[Der Radiobastler wird dem neuen Gerät etwas Skepsis entgegenbringen, denn sehr häufig stehen ja Lötflamme und



A Lötzinn, B Kohlelektrode, C Kontaktfassung aus Messing, D Gummimuffe, E Preßstoffgehäuse, F Achse des Rädchens, G Daumenrädchen zum Vorschub des Lötfadens, H Kapsel, I Anschlußschnur

Bild 11. Der LötKolben.

anzulötender Draht nicht in leitender Verbindung mit dem Chassis. Es fehlt also am passenden Aufsatzpunkt für die Elektrode. D. Ber.] Vth

## Verschiedenes

DK 621.311.1 (43)

Die Investitionsvorhaben der polnischen Elektrizitätswirtschaft. Seit einigen Jahren führt der verstärkte Bedarf an elektrischer Energie in Verbindung mit dem Ausbau der Industrie und der Entwicklung der Städte in den Herbst- und Wintermonaten zu Einschränkungen des Elektrizitätsverbrauchs, vor allem in den Haushaltungen. Diesen Engpaß will der neue Elektrifizierungsplan beseitigen. Unter den Stromabnehmern steht die Industrie mit einem Anteil von 66% der erzeugten Energie an der Spitze. Im Laufe der nächsten Jahre wird aber mit einer Verschiebung der Bedarfsanteile zugunsten der Städte und vor allem der Landwirtschaft gerechnet, zu deren Elektrifizierung laut „Zycie Gospodarcze“ bis 1955 Investitionen im Werte von annähernd 80 Mio. US-\$, davon allein 5 Mio. für die Beschaffung von Elektromotoren vorgesehen sind.

Bis zum Jahre 1955 soll auch die Elektrifizierung der Eisenbahnknotenpunkte Warschau, Kattowitz und Danzig-Gdingen durchgeführt sein. Zur Befriedigung aller Abnehmer einschließlich der Eisenbahnen wird bis 1955 2,3mal mehr elektrische Energie als gegenwärtig benötigt, was die Steigerung der installierten Leistung der Elektrizitätswerke auf 2620 MW erfordert. Auswärtiger Hauptabnehmer elektrische Energie ist die Tschechoslowakei. Später ist auch an einen Energieexport nach der sowjetischen Besatzungszone Deutschlands, nach Ungarn und der Slowakei gedacht.

Gebaut werden 14 neue Wärmeelektrizitätswerke und eine größere Anzahl von Industriekraftwerken. Auch die Leistung der Wasserkraftwerke soll bis 1955 um etwa 65% gesteigert werden. Weitere Investitionen betreffen den Ausbau des Leitungs- und Trafonetzes. Die Länge des Leitungsnetzes wird insgesamt um 76 000 km innerhalb der nächsten 5 Jahre zunehmen, wovon 5000 km auf Hochspannungsleitungen zwischen 60 und 220 kV entfallen. Die Leistung der Trafostationen wird auf 6000 MVA erhöht. Das große Wasserkraftwerk in Roznow (Karpathen) hat neue Generatoren und Regler erhalten und erreicht wieder die Hälfte der früheren Leistungsfähigkeit. Im oberen Zuflußgebiet der Weichsel sind Bauarbeiten für die Anlage von Staubecken mit einem Fassungsvermögen von 1500 Mio. m<sup>3</sup> im Gange. Besondere Aufmerksamkeit wird der Erweiterung und dem Neubau von Großkraftwerken in Schlesien zugewandt. Ein solches Kraftwerk wird z. B. in Miedchowitz (Oberschlesien) errichtet. Nach den Wirtschaftsplänen soll die Leistung der Kraftwerke in Schlesien 20 MW erreichen. In anderen Gebieten ist der Bau folgender Elektrizitätswerke vorgesehen: Wärmekraftwerke in Posen und Bobersberg, Wasserkraftwerke in Schlochau, Porabka und Smukala bei Bromberg. Besonders hohe Kosten der Elektrifizierung werden beim Ausbau der Industrie in den vernachlässigten Teilen des Landes, also in Zentral- und Ostpolen entstehen. In Konin wird ein Kraftwerk errichtet, das sich auf Braunkohle stützen wird. Dieses Werk soll die Energiebasis für ein neues Industriezentrum in Kujawien bilden. In Kürze wird auch der Bau des ersten Elektrizitätswerkes mit Torffeuerung in Wizna (Wojewodschaft Bialystok) begonnen. C. Poralla

## FNK<sup>1</sup>-VDE-Arbeitsausschuß „Schichtpreßstoffe“.

Der Arbeitsausschuß hat das Normblatt DIN 7739 „Schichtpreßstoff-Erzeugnisse aus Hartpapier und Hartgewebe (Typentafel)“ bearbeitet. Das Normblatt kann für 1,60 DM vom Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin und Köln, bezogen werden.

Zeitschriften-Nachweis. — Die Arbeitsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Bibliotheken, Essen, Friedrichstraße 2, hat ein Nachweisverzeichnis in- und ausländischer Zeitschriften, die in westdeutschen Bibliotheken vorhanden sind und die vor allem die Gebiete Technik, Naturwissenschaften, Medizin, Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften betreffen, herausgegeben. Das Nachschlagewerk kann von Interessenten gegen einen Unkostenbeitrag von der genannten Arbeitsgemeinschaft bezogen werden. Der Bezugspreis wird festgelegt, sobald die Höhe der Auflage abgeschätzt werden kann.

<sup>1</sup> FNK = Fachnormenausschuß Kunststoffe im DNA.

## V E R S C H I E D E N E S

### SITZUNGSKALENDER

- Berlin:** EV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33  
 26. 4. 51, 19.15, Gr. Physiksaal d. TU: „Die Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom“, Dipl.-Ing. D o b k e, Berlin.  
**Hamburg:** VDE-Bezirk Hansa, Hamburg 1, Gerhart Hauptmann Pl. 48  
 1. 5. 51, Vortragsaal d. Museums f. Völkerkde.: „Hamburgs Stromversorgung“, Dr.-Ing. M e i s t e r, Hamburg.  
**Kiel:** VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6  
 25. 4. 51, 17.00, Landesbrandkasse: „Grundlagen der Infrarot-Strahlentechnik“, Dr. F. L a u s t e r, Frankfurt a. M.  
**Köln:** VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5  
 27. 4. 51, 17.30, Staatl. Masch.-Bauschule Ubiering: „Koronaverluste bei Wechselfspannung“, Dr. P o t t h o f f.

- Braunschweig:** Nordwestdeutsche Physikalische Gesellschaft  
 23. 4. bis 25. 4. 51: Frühjahrstagung.  
**Hamburg:** Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie  
 18. 4. bis 20. 4. 51: 3. Jahrestagung.  
**Remscheid:** Technische Akademie Bergische Land, Wuppertal  
 21. 5. bis 25. 5., Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr. H. F. S c h w e n k h a g e n, Dipl.-Ing. P. S c h n e l l, Dipl.-Ing. B e r t r a m.  
**Stuttgart:** Landesgewerbeamt, Stuttgart-N, Kienestr. 18  
 1. 5. bis 30. 5. 51: Lehrgang für Schweißfachingenieure.  
**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4  
 16. 4. bis 20. 4. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaaal der Akad.: Kursus „Wirtschaftswissenschaften für den Ingenieur“, Dr. K. G. S p e c h t.  
 7. 5. bis 11. 5. 51, Zeit und Ort wie vor: Kursus „Elektrisch-mechanische Meßtechnik im Maschinenbau“, Dr.-Ing. habil. W. G o h l k e.

### P E R S Ö N L I C H E S

**Georg Schmidt.** — Am 2. April 1951 vollendete der frühere Leiter und Inhaber der Ingenieurschule Ilmenau, Prof. Georg Schmidt, in seltener körperlicher und geistiger Frische sein 80. Lebensjahr. Als Sohn einer alteingesessenen Handwerkerfamilie in Ulm geboren, studierte er an der T. H. Hannover Maschinenbau und Elektrotechnik. Nach Abschluß seiner Studien war er zunächst in einer Leipziger Maschinenfabrik als Ingenieur tätig und ging im Herbst 1894 als stellv. Leiter an das von J e n t z e n neugegründete Technikum Ilmenau, dessen alleinige Leitung er im Jahre 1903 übernahm. Begeistert für die damals noch junge Elektrotechnik richtete er sogleich eine Sonderabteilung für Elektrotechnik ein. So wurde das Technikum Ilmenau die erste Anstalt, die der Elektrotechnik den ihr gebührenden Rahmen gab; es blieb auch in der Zukunft eine der führenden Anstalten für die Ausbildung von Elektroingenieuren. Ein von Prof. Schmidt im Jahre 1897 herausgegebenes Buch über die Berechnung und Konstruktion von Dynamomaschinen erlebte in wenigen Jahren 5 Auflagen. Auch auf dem Gebiete der Praktikantenausbildung ging Prof. Schmidt neue Wege, als er 1898 eine Maschinenfabrik gründete, der er die Bezeichnung „Lehrfabrik“ gab und in welcher wohl zum ersten Male in Deutschland der Versuch einer systematischen praktischen Ausbildung im Maschinenbau nach einem ausgearbeiteten Lehrplan gemacht wurde. Er war die erste Lehrwerkstatt im modernen Sinne, damals von Wirtschaft und Schule als abwegig abgelehnt. Die als Lehrobjekt aufgenommene Fertigung von Fleischereimaschinen entwickelte sich ebenso gut wie die Lehrwerkstatt, so daß die Firma in kurzer Zeit zu den führenden der Branche gehörte.

Als einer der Gründer des Thüringer Bezirksvereins des VDI war G. Schmidt 35 Jahre lang Mitglied des Vorstandes der VDI, der seine Verdienste auch durch die Verleihung des goldenen VDI-Ehrenzeichens würdigte. Mit Hofrat H o l s t vom Technikum Mittweida gründete er den Verband Höherer Technischer Lehranstalten in Deutschland (1903); dem Deutschen Ausschub für Technisches Schulwesen gehörte er seit seiner Gründung im Jahre 1906 an. Er ist auch einer der wenigen noch lebenden Gründer des Thüringer Bezirksverbandes des VDE (1910).

Der Zusammenbruch zwang Prof. Schmidt Ende 1945, seine Anstalt an die Stadt Ilmenau abzutreten. Die Demonstrationen 1946 und Schließung der Anstalt entmutigten den damals 75jährigen nicht, im Dienste der Stadt alle Kräfte für die Wiedereröffnung einzusetzen. Das gelang ihm auch Ende 1947.

Stets ein warmer Freund der Jugend, der er ein hilfsbereiter Berater und Kamerad war, erfreute er sich größter Verehrung durch seine über alle Welt verstreuten Schüler. Trotz der schweren Schläge, die seinem Lebenswerk zugefügt wurden, hat er noch eine bewundernswerte Spannkraft sich erhalten, die ihm noch recht lange bleiben möge. x

### B U C H B E S P R E C H U N G E N

DK 537.543.2 : 621.385.1 (022.4)

**Die Oxydkathode. Bd. 2: Technik und Physik.** Von Dr.-Ing. G. H e r m a n n und Dr. phil. S. W a g e n e r. 2. neu bearb. Aufl. Mit 284 S., 147 B., 3 Taf., Format 17,5×24,5 cm. Johann Ambrosius Barth-Verlag, Leipzig 1950. Preis geh. DM 27,—, geb. DM 29,—.

Es ist überflüssig, auf die Bedeutung hinzuweisen, welche die Oxydkathode für die Röhrentechnik und somit für die gesamte Nachrichtentechnik und einen großen Teil der Experimentalphysik in den letzten zwanzig Jahren erlangt hat — sie ist für den technischen Fortschritt entscheidend gewesen. Deshalb mußte ein von berufener Hand geschriebenes Buch, welches sowohl die theoretischen Grundlagen, die physikalischen Elementarvorgänge als auch die Herstellungsmethoden und Anwendungsgebiete dieser technischen „Spezial“-Vorrichtung umfaßt, notwendigerweise zu einem Standardwerk der internationalen physikalisch-technischen Literatur werden.

In der Tat hat sich bereits die erste Auflage des Buches von G. H e r m a n n und S. W a g e n e r im technisch-wissenschaftlichen Schrifttum einen ehrenvollen Platz erworben. Die vor uns liegende zweite Auflage des 2. Bandes bringt über die Vorzüge der ersten hinaus — unter Weglassung inzwischen veralteten Materials — eine Modernisierung der Darstellung, obwohl die theoretischen Grundvorstellungen der Verfasser nicht modifiziert zu werden brauchten. Die in den letzten Jahren bekannt gewordenen neuen Forschungsergebnisse lassen sich in dem bereits gewonnenen Rahmen gut einfügen. Der Hauptakzent in der Darstellung der physikalischen Grundlagen liegt auf der Tatsache, daß die Oxydkathode nicht eine Abart der fremdstoffbedeckten Metallkathode ist — eine Auffassung, die oft zu einer falschen Interpretation der experimentellen Ergebnisse geführt hat —, sondern daß sie ein eigenartiges kristallchemisches System darstellt.

In diesem Sinne wird bei der Darstellung des Emissionsmechanismus zunächst vereinfachend angenommen, daß das System aus reinem Bariumoxyd bestehe — in diesem Falle handelt es sich um eine „reine“ (oder vielleicht besser gesagt einfache) Oxydkathode. Weiter wird die Betrachtung auf die z u s a m m e n g e s e t z t e Kathode (bestehend aus verschiedenen Oxyden) ausgedehnt, und zwar auch jetzt für den Fall des Gleichgewichts, d. h. für den Fall, daß die Anzahl der Erdalkaliatome auf der Schicht sich nicht ändert. Dann erst werden die Vorgänge betrachtet, die zum A u f b a u des Gleichgewichts führen und diejenigen, welche das Gleichgewicht einer vollaktivierten Kathode ändern. — Den technischen Herstellungs- und Prüfverfahren ist die ihnen gebührende Breite der Darstellung gewidmet unter Fortlassung alles dessen, was überflüssig wurde und veraltet ist. Als Maßstab für den Fortschritt in der nun dreißigjährigen Entwicklung der Oxydkathode seit ihrer Einführung in die Technik wird die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit angesehen. Entsprechende graphische Darstellungen illustrieren diesen Gedanken geschickt.

Allerdings hätte die Geschlossenheit des Gedankenganges vielleicht noch gewonnen, wenn die Herstellungs- und Prüfverfahren erst nach Abhandlung der physikalischen Grundlagen in der zweiten Hälfte des Bandes ihren Platz gefunden hätten.

Die Gesamteinteilung des Werkes ergibt sich schon aus dem oben Gesagten. Aus dem reichen Inhalt des Buches, welches eine souverän gestaltete Zusammenfassung unserer Kenntnisse über Theorie und Technik der Oxydkathode darstellt, seien nur einige, die neuere technische Entwicklung betreffende Einzelheiten erwähnt: das Anwendungs-

gebiet der Oxydkathode hat sich auch auf Impulsröhren mit hohen Stromdichten erweitert, ferner auf Ventilröhren mit Sperrspannungen bis 25 kV; diese Erweiterung neben der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, Erhöhung der Spratzfestigkeit u. a. m. wurde durch systematische Untersuchungen über neuere Aufbaumethoden, über den Aufbau der Oxydpasten und den Mechanismus der Emission erzielt.

Abschließend kann man wohl sagen, daß der Band sicherlich zu den von Physikern und Elektroingenieuren begehrtesten Büchern zählen wird. Schier unersetzlich dürfte aber das Buch für die Praktiker sein, die sowohl in den Entwicklungslabors als auch in den Fertigungsbetrieben des Röhrenbaus tätig sind.

A. Nikuradse und R. Ulbrich

DK 621.395.16 (023.4)

**Über die Schwingungserzeugung durch geschwindigkeitsmodulierte Elektronenstrahlen in Triffröhren mit endlichen Feldstrecken.** Von Rudolf Gebauer u. Claus Kleesattel: Wissenschaftliche Veröffentlichungen der T. H. Darmstadt, Hrsg. K. Klöppel, Bd. I (1949) H. 4. Mit 43 S., 34 B., Format DIN A 4. Verlag Carl Winter, Heidelberg 1949. Preis geh. DM 4,50.

Die Verfasser behandeln rechnerisch den Energieaustausch zwischen einer Elektronenströmung und einem Elektrodensystem, bestehend aus zwei harmonisch schwingenden Feldstrecken (Steuer- und Arbeitsraum) und einer sie verbindenden feldfreien Strecke (Laufraum) und wenden die Ergebnisse an zur Untersuchung der Verhältnisse in den bekannten Triffröhren zur Erzeugung kurzwelliger elektromagnetischer Wellen (Dezi- und Zentimeter) und zur Planung und Bestimmung der günstigsten Abmessungen von solchen Generatoren.

Die Triffröhren, auf die sich die Arbeit bezieht, sind: 1. das Klystron (Varian, 1939) als allgemeinste Anordnung der Triffröhre, 2. der Generator mit gegenphasigen Feldern (Heil, 1935), 3. der Generator mit gleichphasigen Feldern (Döring, 1943), 4. der Reflexgenerator (Spiegelklystron), Steuer- und Arbeitsraum identisch, 5. die Diode (Einfeldtriffröhre), kein Laufraum, Steuer- und Arbeitsraum identisch.

Die Theorie vernachlässigt den Einfluß der Raumladung. Jedes Elektron bewegt sich unabhängig von den übrigen. Dieses Verfahren, vom einzelnen Elektron aus das Verhalten einer ganzen Strömung abzuleiten, ist daher beschränkt auf solche Betriebsfälle, bei denen die Raumladungserscheinungen noch nicht wesentlich ins Gewicht fallen. Gegenüber früheren Ansätzen mit experimentell nicht realisierbaren elektrischen Doppelschichten als Feldstrecken werden hier Feldstrecken eingeführt, deren Elektroden einen endlichen Abstand besitzen. Zwischen den Elektroden wird keine Gleichspannung angenommen (Äquipotentialfall).

Hiernach gelingt den Verfassern eine einheitliche Behandlung der obigen Probleme auf elementarer Grundlage. Zunächst werden die allgemeinen Grundlagen zur Lösung entwickelt, dann die Hilfsmittel zur Berechnung gegebener Systeme zusammengestellt und an Hand der Kenngrößen der 5 Generatortypen die schematischen Zahlenrechnungen für Steuer-, Lauf- und Arbeitsraum angegeben. Im darauffolgenden Teil wird der für die praktische Anwendung so wichtige umgekehrte Weg beschritten: die Auffindung relativ optimaler Hauptwerte der verschiedenen Systeme bei einem vorgegebenen (hohen) Wirkungsgrade, d. h. die Planung der Generatoren. Dieses wird erleichtert durch einen zweckmäßigen Ansatz für die Steuerstrecke, durch den aus der Vielzahl von möglichen Strecken diejenigen ausgesondert werden, die eine größtmögliche Geschwindigkeitsmodulation bei kleinstmöglicher Wechselspannungsamplitude ergeben. Dieser Ansatz führt auch zu einer guten und relativ stabilen Fokussierung. Die anschließende Hauptentwicklung wird auf diesem Ansatz aufgebaut, wobei es sich zeigt, daß die Fokussierung durch bestimmte Gruppen endlicher Steuerstrecken erheblich besser ist, als die durch vergleichbare Doppelschichten. Zahlenbeispiele erläutern den Entwicklungsgang.

Neben dem Hauptansatz für die Steuerstrecke sind in Abhängigkeit von der Problemstellung auch andere möglich, auf einen von ihnen wird eingegangen. Für alle diese Ansätze ist eine ähnliche Entwicklung durchführbar wie für den Hauptansatz.

Zum Schluß geht die Abhandlung noch kurz auf einige praktische Fragen und Probleme ein; diese sind: „Über die

Wirkung des Raumladungspotentials“ und „Über die Blind- und Strahlleistung und die Verluste in Resonatoren“.

J. E. Scheel

DK 621.317.7 : 621.314.6 (023.4)

**Gleichrichtermesstechnik.** Von Dr.-Ing. H. F. Grave (Bd. 1 d. Techn.-Phys. Monographien). Mit 227 S., 114 B., Format DIN A 5. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portz Leipzig 1950. Preis geb. DM 27,—.

Das Drehspulinstrument ist allen anderen elektrischen Meßinstrumenten an Empfindlichkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit so sehr überlegen, daß man es durch Vorsatz von Gleichrichtern oder Umformern für die Wechselstrommeßtechnik ausnützt. Das vorliegende Buch stellt diese Meßtechnik dar.

Die weiteste Verbreitung hat bisher das Trockengleichrichterinstrument gefunden. Dementsprechend nimmt seine Behandlung den größten Platz ein. Vorausgeschickt wird ein Kapitel über allgemeine Probleme der Meßgleichrichter, dem die Begriffsbestimmungen, Schaltungen und physikalischen Grundlagen dargestellt werden. Die Probleme des Vielfachmessers werden gesondert behandelt und die bis zum Jahre 1949 auf dem deutschen Markt befindlichen Geräte beschrieben, wobei ihre Frequenz- und Temperaturabhängigkeit kritisch behandelt ist. Dieser Teil des Buches vermittelt einen Eindruck davon, wieviel Mut und Mühe aufgewendet werden mußte, um trotz der Mängel der Trockengleichrichter (Kupferoxydul oder Selen) brauchbare Instrumente zu schaffen.

Es folgt ein Abschnitt über Gleichrichterinstrumente mit Elektronenröhren, wobei zunächst die physikalischen Eigenschaften der in Betracht kommenden Röhren kurz beschrieben werden. Eine fast ideale Gleichrichterkennlinie haben synchron bewegte mechanische Kontakte. Die in Deutschland käuflichen Geräte (Schwinggleichrichter und Vektormesser) werden beschrieben und ihre Anwendung zur Strom-, Spannungs-, Leistungs- und Komponentenmessung, ferner zur Untersuchung von Wechselstromwiderständen, als Nullindikator, zur Kurvenformanalyse, zu Untersuchungen von Eisenblechen angedeutet.

Es folgt ein Abschnitt über Thermoumformer, welche zwar keine Gleichrichter im eigentlichen Sinne sind, aber besonders auf dem Gebiet der Mittel- und Hochfrequenz wichtig geworden sind. Auch hier werden die physikalischen Grundlagen und die handelsüblichen Geräte beschrieben und zwar nicht nur Strom- und Spannungsmesser, sondern auch die thermischen Leistungsmesser; auch die Fehlerinflüsse von Frequenz und Temperatur werden behandelt.

Das Buch ist nicht nur für den Instrumentenbauer, sondern auch für den Benutzer von Gleichrichterinstrumenten von großem Interesse. Da die Entwicklung auf diesem Gebiete stark im Fluß ist, wäre zu wünschen, daß bei einer Neuauflage auch die letzten Fortschritte mitberücksichtigt werden.

F. Koppelman

DK 621.318.4 : 621.394.44 (023.4)

**The Transduktor Amplifier.** Von Ulrik Krabbøe. Mit 177 S., zahlr. B. u. Taf., Format Din A 4. Verlag Einar Munksgaard Kopenhagen 1947. Preis Hlw. dkr. 22,—.

Der magnetische Verstärker oder, wie er hier im Anschluß an schwedische Arbeiten genannt wird, der Transduktor wird in dieser Dissertation sehr interessant zusammenfassend bearbeitet. Der Verfasser interessiert Vorarbeiten und Messungen, die er im Laboratorium der ASEA in Ludvika (Schweden) 1942 bis 1944 durchgeführt hat. Die Arbeit umfaßt den Stand der Entwicklung bis zum Jahre 1945.

Das Buch behandelt im ersten Teil die Schaltungen und ihre Strom-Spannungsverhältnisse bei ohmscher und induktiver Belastung im Arbeitskreis. Dabei wird im Steuerkreis Gleichstrom verwendet und der Arbeitskreis von einer Wechselstromquelle gespeist, wobei der Arbeitsstrom gleichgerichtet wird. Insbesondere werden die Schaltungen mit Rückkopplung und mit Selbsterregung untersucht, mit besonderen Rückkopplungswindlungen und in direkter Selbsterregung (self-excited und auto-self-excited transduktor). Die weiteren Teile behandeln u. a. das dynamische Verhalten des Verstärkers, bringen Oszillogramme und Meßwerte der wichtigsten praktischen Schaltungen und berichten über die Anwendung für selbsttätige Regelung.

Das Buch ist sehr zu begrüßen als erste Monographie des magnetischen Verstärkers und gibt uns wertvolle Anregungen und Erfahrungen.

W. Schilling





und berichtet über Lehrstühle, Institute, Tagungen und Dokumentationen. Ein etwa ebenso großer Teil ist studentischen Fragen gewidmet, während in zwei kleinen Schlußabschnitten einerseits unter der Überschrift „Aus englischer Sicht“ zwei wertvolle Beiträge aus England mit einer interessanten Studie über Technisches Englisch und andererseits eine Reihe von Entwürfen aus der Architekturabteilung der Hochschule zusammengestellt sind. Das Buch ist eine wertvolle Bereicherung für den Ingenieur nicht nur wegen der im wissenschaftlichen Teil enthaltenen wichtigen Anregungen, sondern gerade wegen des umfangreichen Anteils an Arbeiten über die menschlichen Probleme der Technik und der technischen Erziehung.

H. F. Schwenkhaagen

DK 621 (005)

**Betriebs- und Werkstatt-Rezepte.** Von F. W. Rummel. Mit 472 S., einigen B. u. zahlr. Taf., Format 15×21 cm. Georg Siemens Verlagsbuchhandlung, Berlin und Bielefeld 1950. Preis Hlw. DM 24,50.

Aus einem umfangreichen Fachschrifttum, das heute den wenigsten zur Verfügung steht, sind in diesem Buch Erfahrungswerte, Tatsachen, Unterlagen, Vorschriften und Rezepte in übersichtlicher, gebrauchsfähiger Form zusammengetragen. Das Werk soll dem Betriebsleiter, dem Meister und Handwerker die technischen Fragen beantworten, die jeden Tag in der Werkstatt an ihn herantreten können. Ein klarer Aufbau und ein sehr sorgfältig aufgestelltes alphabetisches Sachverzeichnis ermöglicht ein schnelles Zurechtfinden.

Das Buch ist ein Nachschlagewerk mit Arbeitsanleitungen für den Bau- und Reparaturbetrieb in der Metall-, Bau- und Holzbranche. Behandelt werden bei den Metallen die Werkstoffkunde, Oberflächenbehandlung, Überzüge und Bearbeitung, bei Holz die Werkstoffkunde. Weitere Abschnitte befassen sich mit Baustoffen und Schmierstoffen. Eine vielseitige und sehr umfangreiche Rezeptsammlung bringt Anleitungen zur Selbstherstellung und Gebrauchsanweisungen. Wir finden hier: Legierungen, Reinigungs- und Putzmittel für alle denkbaren Zwecke, Beiz- und Ätzlösungen, Metallfärbemittel, Lacke und Anstrichmittel, Rostschutz- und Rostentfernungsmittel, Holzbeizen, Mattierungen und Polituren, Härtemittel, Schweißmittel, Lote und Lötmittel, feuerhemmende Anstriche, Feuerlöschmittel, Frostschutz-, Kälte- und Gefriermittel, Kitte, Dicht- und Klebmittel, Leder-Pflegemittel, Maschinen-, Kugellager-, Lagerfette, Öle, Glasbehandlung; ferner Rezepte für das Baugewerbe. Ein besonderes Kapitel bringt Vorschriften, Bau- und Bedienungsanweisungen bei der Wahl, Aufstellung, Behandlung und Wartung von Triebwerksteilen, Pumpen, Motoren, Mühlen, Dampfkesseln, Werkzeugmaschinen, Kraftfahrzeugen, Akkumulatoren usw.

Es liegt in der Natur der Sache, daß ein Buch — auch wenn es noch umfangreicher wäre — nicht alle Fragen beantwortet, die möglicherweise in der Werkstatt einmal auftauchen. Wir vermissen z. B. Hinweise auf die Sicherheitsbestimmungen bei der Spritzlackierung und der Infrarot-trocknung. Das sind Fragen, über die auch die Beamten der Gewerbebehörde zum Teil unterschiedlicher Meinung sind. Der Verfasser erklärt sich mit Rücksicht auf die notwendige Beschränkung des Buchumfangs im Vorwort bereit, zur Ergänzung seines Werkes Auskünfte auf Anfrage zu erteilen.

Die Rezepte sind sorgfältig bearbeitet. Uns fiel nur bei dem Rezept zur Reinigung von Bronzekunstguß eine kleine Unklarheit auf, wo der Bestandteil an Wasser in Liter, die anderen Bestandteile in nicht festgelegten Einheiten angegeben werden.

Die Sprache des Buches ist allgemein verständlich, nur mitunter etwas hart. Z. B. heißt es von Prebluftspritzrichtungen: „Diese Einrichtungen liefern sehr gute und erfahrungsreiche Spezialfabriken“. Das Werk ist für fast jeden Betrieb wertvoll und wird empfohlen. Durch ein einziges brauchbares Rezept macht es sich unter Umständen bezahlt.

A. Herhahn

DK 621.38 (048)

**Electronic Engineering Master Index 1949.** Hrsg. J. F. Rider. Mit 296 u. XVI S., Format 17×25 cm. Electronics Research Publishing Company, New York 1950. Preis Glw. US \$ 17,50.

Das Buch ist eine Fortsetzung des in der ETZ 71 (1950) S. 637 besprochenen Verzeichnisses von Arbeiten aus dem

Gebiet der Elektronik. Neuerdings sind auch deutsche und japanische Bücher in dieses Verzeichnis aufgenommen worden neben den bisher schon berücksichtigten englischen und amerikanischen Büchern.

Ein ausführliches Schlagwortverzeichnis für alle vier bisher erschienenen Bände ist beigelegt.

W. Kleinsteuber

DK 668.41.002.3 : 62.002.2 (023)

**Gestaltung und Anwendung von Gummiteilen.** VDI-Richtlinien 2005. 3. Aufl. Mit 23 S., 11 B., Format DIN A 4. Deutscher Ingenieurverlag, Düsseldorf 1950. Preis geh. 3,50 DM.

Endlich sind diese Richtlinien neu herausgekommen. Daß sie gegenüber der 2. Aufl. unverändert sind, wird jeder Konstrukteur und Anwender von Gummiteilen zunächst gern in Kauf nehmen, weil ihm nun die seinerzeit gesammelten wertvollen Erfahrungen wieder als Arbeitsunterlage zur Verfügung stehen. Die Richtlinien behandeln die Eigenschaften und Einteilung der verschiedenen Gummiarten und Gesichtspunkte für die Werkstoffauswahl, die Grundzüge der Verarbeitungsverfahren, die Maßtoleranzen (für die zwischen der Normblatt-Entwurf DIN 7715 veröffentlicht wurde), die Gestaltung von Weichgummiteilen für die vielfältigen Anwendungen, oft in der Gegenüberstellung falsch-richtig, sowie schließlich die Lagerung und Wartung von Gegenständen aus Gummi.

G. Ehlers

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Tätigkeitsbericht** für die Zeit vom 1. 4. bis 31. 12. 1950. Hrsg. Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg. Mit 16 S., Format DIN A 4.

**Amtsblatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.** Jahrg. 1949 Heft 1. Mit 20 S., Format DIN A 4. Preis je Heft 1,50 DM.

**Deutsches Jahrbuch für die Industrie der plastischen Massen.** Hrsg. Dr.-Ing. Karl Fabel. Mit 500 S., 17 B., Format DIN A 5. Walter Pansegrau Verlag, Berlin 1951. Preis geb. 32,60 DM.

**Richtlinien für die Aufbereitung von Kesselspeisewasser und Kühlwasser.** Hrsg. Vereinigung der Großkesselbesitzer. 4. Aufl. Mit 68 S., zahlr. B., Format DIN A 5. Vulkan-Verlag Dr. W. Classen, Essen 1949. Preis Glw. 20,— DM.

**Einführung in die Hochfrequenztechnik.** Von Dr. Walter Datz. (Technische Fachbuchreihe für Studium und Praxis, Bd. 24.11). Mit 20 S., 136 B., 9 Taf., Format 15×21 cm. Pädagogischer Verlag Berlin-Schulz, Berlin, Hannover, Frankfurt a. M. 1951. Preis Hlw. 14,— DM.

**Taschenlexikon für Meßpraktiker** (Elektronik-Reihe, Bd. 1). Von Dr. Ing. Reinhold Marchgraber. Mit 464 S., zahlr. B., Format DIN A 5. Technischer Verlag „das elektron“, Linz a. d. D. Auslieferung f. Deutschland durch Carl Gabler GmbH., München 1, Theatinerstr. 8. Preis geb. 7,— DM.

**Verstärker und Empfänger.** Von Dr. techn. Dr.-Ing. e. h. M. J. Strutt. (Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik, Bd. IV, Hrsg. v. Korshenewsky und W. T. Runge). 2. verb. Aufl. Mit 60 S., 425 B., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 46,50 DM.

**Fernmelde-technische Zeitschrift 4 (1951) Heft 3.** Inhalt: H. Nitschke, Hochfrequenz-Steckverbindungen; H. Salow, Germaniumtrioden für die Verstärkung nieder- und mittelfrequenter Wechselströme; W. Kroeber, Anzeige- und Meßgeräte mit gleitender Oszillator- oder Generatorfrequenz (2. Teil); F. Bergtold, Beschallung von Räumen und Plätzen; W. Weinitzschke, Verfahren zur Messung von Reaktanzen und Schwingwiderständen mit der Doppelspannungsteilerschaltung; K. Steinböck und H. Dölz, Ein neues Magnetron-Ortsansagegerät; H. Preßler, Das Hochfrequenzgesetz.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr.-Ing. M. Kloss, Berlin-Nikolassee, Beskidenstr. 10  
Dipl.-Phys. W. Knappe, Inst. f. techn. Physik der T. H., Darmstadt, Magdalenenstr. 23  
Prof. Dr.-Ing. O. Löbl, Essen, RWE-Hauptverwaltung  
Dipl.-Ing. B. Vollrath, Wuppertal-Vohwinkel, Kirschsiepen 18

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Rheinischen Draht- und Kabelwerke GmbH., Köln, Rieth, bei.

Abschluß des Heftes: 30. März 1951

Schriftleitung: G. H. Winkler†. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 667, Fernruf 37. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 987 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.



# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 1. Mai 1951

Heft 9

## Signal- und Alarmanlagen

Von G. H. Nestmann, Berlin

DK 621.395 : 654.92

**Übersicht.** Der Aufsatz umreißt die Grundlagen von Signal- und Alarmanlagen und beschreibt technische Ausführungen. Dabei werden besonders Lichtrufanlagen, Feuer- und Gefahrenmeldesysteme und Raumschutzanlagen behandelt.

Die Einschaltung von sichtbaren oder hörbaren Signalen durch einen Stromimpuls gehört zu den ältesten Anwendungsgebieten des elektrischen Stromes. Dazu dienende Apparate und Schaltungen, z. B. als Feuermelder, sind schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt. Die Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet verfolgte vor allem das Ziel, die Anlagen den ständig wachsenden Anforderungen und den jeweiligen betrieblichen Erfordernissen anzupassen sowie neu auftretende Aufgaben zu erfüllen. Von Signal- und Alarmanlagen muß man oft eine das übliche Maß überschreitende Betriebssicherheit verlangen, da von ihrem zuverlässigen Arbeiten hohe Sachwerte und sogar Menschenleben abhängen. So müssen z. B. Raumschutz- und Feuermeldeanlagen hundertprozentig sicher arbeiten. Dabei ist noch zu bedenken, daß solche Anlagen meist nur in sehr langen Zeitabständen in Anspruch genommen werden. Man trifft deshalb besondere Anordnungen, um ein betriebsmäßiges Arbeiten nachzuahmen oder die Anlagenteile einzeln überprüfen zu können. Zur Überwachung der Leitungen bedient man sich durchweg der sogenannten Ruhestromschaltung, bei der eine Unterbrechung der Leitungen oder ein Absinken des Isolationszustandes entsprechende Signale einschaltet. In wichtigen Anlagen, deren Leitungsnetz durch Feuchtigkeit gefährdet ist (z. B. Grubensignalanlagen), verwendet man auch Netzprüfgeräte, mit denen die Isolationswerte ständig in einfachster Weite nachzumessen sind, oder die selbsttätig ein Signal auslösen, sobald ein bestimmter Mindestwert erreicht ist. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit ordnet man ferner Reserven an (z. B. Stromquellen), die sich selbsttätig einschalten. Oft ist es auch erwünscht, zur Weiterleitung von Impulsen mehrere Leitungswege nebeneinander vorzusehen, die sich gegenseitig aushelfen können (z. B. bei Feuermeldeanlagen). Nur bei den einfachsten Anlagen schaltet der Stromimpuls unmittelbar die Signale ein, meistens sind besondere Relaisanordnungen notwendig, um z. B. die Signale an mehreren Stellen zu wiederholen oder sie in bestimmter Reihenfolge erscheinen zu lassen. Die Auslösung von Alarmanlagen kann entweder von Hand erfolgen oder durch irgendwelche etwa in Abhängigkeit von der Zeit einstellbare Einrichtungen oder durch die Änderung elektrischer, physikalischer und anderer Größen.

In konstruktiver Hinsicht werden an die Bauteile von Signalanlagen ganz unterschiedliche Forderungen gestellt. Abgesehen von ihrer eigentlichen Funktion muß oft an eine geschmackvolle Formgebung gedacht werden, z. B. bei Lichtrufanlagen. In anderen Fällen, z. B. bei Grubensignalanlagen, ist auf rauhe Betriebsbedingungen Rücksicht zu nehmen.

### Lichtsignalanlagen

Derartige Anlagen haben den Zweck, Glühlampen einzuschalten, deren Aufleuchten ein vereinbartes Signal bedeutet oder eine Schrift sichtbar werden läßt. Die Lampen bleiben entweder selbsttätig für eine gewisse Zeit einge-

schaltet oder sie werden, als Quittung, von Hand wieder ausgeschaltet. Nach diesem Prinzip sind z. B. die Lichtrufanlagen für Hotels und Krankenhäuser gebaut. Grundsätzlich arbeiten sie so, daß man durch das Betätigen eines Druckknopfes ein Relais an Spannung legt, das seinerseits den Stromkreis für eine oder mehrere Signallampen einschaltet. Das Relais hat eine parallel zu den Signallampen liegende Haltewicklung, die durch das Betätigen eines Druckknopfes unterbrochen wird. Die Lampen brennen also so lange, bis die Quittung erteilt wird. Der Abstellknopf befindet sich in Hotels und Krankenhäusern neben der Zimmertür, so daß das Zimmer, aus dem der Ruf kam, aufgesucht werden muß und deshalb kein Ruf unerledigt bleiben kann. Häufig werden parallel zu den Signallampen noch Beruhigungslampen in den Zimmern angebracht, deren Aufleuchten erkennen läßt, daß die Anlage arbeitet, sowie kleine Schnarren hinter den Druckknopftafeln, deren Stromkreis durch das Einführen eines Schlüssels in eine „Klinke“ vorbereitet wird. Dadurch wird erreicht, daß das Personal, wenn es in den Zimmern beschäftigt ist, durch ein Schnarrzeichen auf den Ruf aufmerksam gemacht wird und sich durch einen Blick auf den Flur überzeugen kann, woher der Ruf kam. In Hotels schaltet man häufig 3 vollständige Anlagen parallel und kommt damit zu sog. Dreifarbenanlagen, die für Hausdiener, Kellner und Zimmermädchen verschiedene Signale geben. Man kann ferner mehrere Zimmer in einem Gebäudeteil oder in einem Stockwerk zu einer Gruppe zusammenfassen und durch einen Ruf eine Gruppen- oder Stockwerkslampe einschalten lassen, die also den Gebäudeteil oder das Stockwerk bezeichnet. In Zeiten geringer Belegung vermag man dann mehrere Gruppen zusammenzuschalten und kommt dann mit einer Bedienungsperson aus. Die Stockwerks- und Gruppenlampen weisen dann sozusagen den Weg zum Zimmer. Im allgemeinen werden derartige Anlagen über Kleintensoren aus dem Netz gespeist. Bei Netzstörungen kann selbsttätig auf eine Batterie umgeschaltet werden. Wenn man den Relais kleine Trockengleichrichter parallel schaltet, so ist die Anlage auch für Gleichstrom verwendbar.

Für Krankenhäuser hat man derartige Anlagen noch dahingehend erweitert, daß der Kranke zugleich mit dem Ruf einen auf einer wählerartigen Anordnung durch Symbole angedeuteten Wunsch mitteilen kann. Nach dem Einstellen der Scheibe wird der in der Mitte befindliche Knopf gedrückt. In der Zentrale kann man dann sowohl das rufende Zimmer als auch den Wunsch feststellen<sup>1</sup>.

Wichtige Anwendungsgebiete von Lichtsignalanlagen liegen ferner im Bühnenbetrieb vor, wo bestimmte Anordnungen übermittelt werden müssen oder die Mitwirkenden in ihren Garderoben davon zu benachrichtigen sind, daß ihr Auftritt bevorsteht. Eine Chefrufanlage z. B. ermöglicht es, mehrere Personen zu einer Besprechung zusammenzurufen, indem man bei ihnen ein Lichtsignal einschaltet. Wenn der an eine solche Anlage Angeschlossene seinen Platz verläßt, so legt er einen Schalter um und bewirkt dadurch, daß

<sup>1</sup> Vgl. Krenzlin: Neuartige Wunschübermittlung in Krankenhäusern. Siemens-Z. 18 (1938) S. 64.

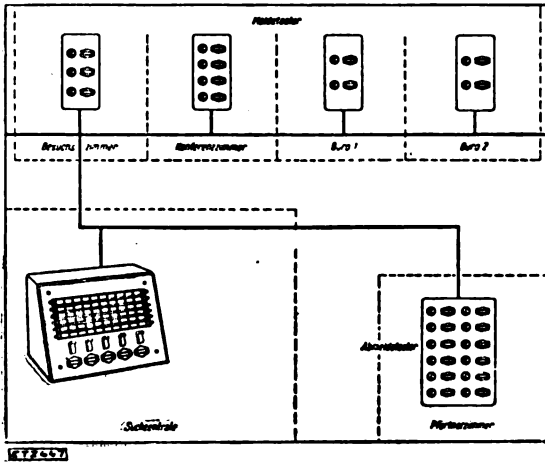


Bild 1. Anordnung einer Meldeanlage.

beim rufenden Chef eine Leuchtschrift „Abwesend“ aufleuchtet. Eine andere Anlage dient dazu, das Bestehen von Fernverbindungen allgemein anzuzeigen, damit sich etwaige Interessenten in die Verbindung einschalten können. Suchanlagen dienen dazu, in den Betriebsräumen Signallampen einzuschalten, die den Gesuchten veranlassen sollen, sich in der Fernsprechzentrale zu melden. Für Bürogebäude und Krankenhäuser wurde eine Meldeanlage entwickelt, bei der man von einer Zentrale aus feststellen kann, in welchem Raum sich der Gesuchte aufhält (Bild 1). Wer von den in die Suchanlage einbezogenen Personen einen Raum betritt, legt an der Eingangstür des Raumes einen Schalter um. Wird nun diese Person gesucht, so legt der Pförtner seinerseits einen Schalter um und bewirkt dadurch, daß die Nummer des Zimmers aufleuchtet, in dem der Betreffende gerade ist. Sehr vielseitige Signale lassen sich mit den sog.



Bild 2. Leuchtwechselzahlen an einem Sparkassenschalter.

Leuchtwechselzahlen übermitteln, die aus einzelnen, zu jeder Ziffer zusammenstellbaren Lichtfächern bestehen. Setzt man mehrere Leuchtwechselzahlen zusammen, so kann man auch mehrstellige Zahlen einschalten. Leuchtwechselzahlen werden z. B. in Banken und Sparkassen gebraucht, um die Kundennummern usw. aufzurufen (Bild 2). Auch als Gesprächsmelder werden sie vielfach benutzt, um anzuzeigen, daß eine bestimmte Gesprächsmeldung in einer bestimmten Sprechzelle bereitsteht.

**Feuer- und Gefahrmeldeanlagen**

Derartige Anlagen sind jahrzehntelang in schaltungstechnischer und konstruktiver Hinsicht unverändert gebaut worden. Man findet Einrichtungen, die trotz ihres beträchtlichen Alters noch einwandfrei arbeiten. Die Morse-Sicherheitsschaltung, benannt nach der früher üblichen Verwendung von Morse-Farbschreibern, ist auch heute noch in Anlagen nach dem Schleifensystem üblich. Sie arbeitet auch bei einem Leitungsbruch sicher und kann zwei gleichzeitig abgegebene Meldungen verarbeiten. Bei Schleifensystemen kann man zahlreiche Melder in einer Schleife zusammenfassen. Die Melder sind mit Laufwerken ausgestattet, die unterschiedliche Impulsfolgen zur Zentrale senden. Im Unterschied dazu ist bei Radialsystemen jeder Melder durch eine eigene Doppelleitung an die Zentrale angeschlossen. Selbstverständlich stehen auch diese Leitungen unter Ruhe-

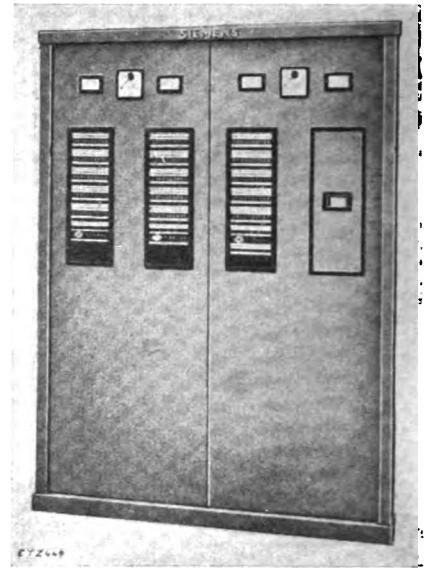


Bild 3. Standswitchtafel für 150 Leitungen mit Registriereinrichtung (Radialsystem).

stromkontrolle. Man wählt das System dann, wenn die nötigen Leitungen ohne großen Aufwand zur Verfügung gestellt werden können. Das ist z. B. in Gebäuden der Fall, in denen ohnehin ein ausgedehntes, vieladriges Leitungnetz für die Fernsprechanlage vorhanden ist. In Städten kann man die Leitungen häufig dem Fernsprechkabel entnehmen. Die Melder enthalten keine Laufwerke sondern sind einfache Kontakte, die den Ruhestrom unterbrechen. In der Zentrale sucht ein als Anrufer geschalteter Wähler beim Eingang einer Meldung selbsttätig die meldende Leitung heraus und verbindet sie mit der Alarmeinrichtung, die aus einer Leuchttafel und zusätzlich einer Registriereinrichtung besteht. In konstruktiver Hinsicht haben neuzeitliche Feuer- und Gefahrmeldeanlagen nur noch wenig Ähnlichkeit mit ihren Vorgängern. Vor etwa 10 Jahren setzten die ersten Bestrebungen ein, die neueren Erkenntnisse der Fernmeldetechnik, insbesondere die bei Fernsprechverbindungen gewonnenen, zu verwirklichen. Nach diesen werden die Zentralen nicht mehr einzelfertig aufgebaut, sondern aus einzelnen Baueinheiten zu Gestellen zusammengefügt. Die Baueinheiten enthalten eine Reihe schaltungsmäßig zusammengehöriger Bauelemente und stellen in mechanischer sowie elektrischer Hinsicht ein in sich geschlossenes Ganzes dar. Eine solche Einheit hat innerhalb der Gesamtanlage eine ganz bestimmte Teilaufgabe zu erfüllen. Durch eine Aneinanderreihung verschiedenartiger Einheiten wird also die Schaltung stufenweise aufgebaut und zwar derart, daß mehrere gleichartige Einheiten jeweils auf eine nächstfolgende arbeiten. Die Anordnung bietet vor allem den Vorteil, daß die Anlagen beliebig erweitert werden können. Auch ergeben sich bedeutende Vorzüge hinsichtlich

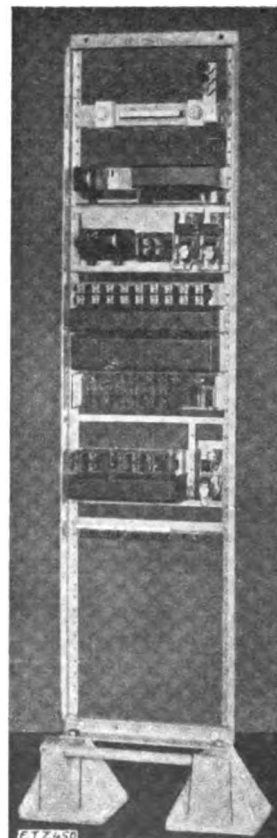
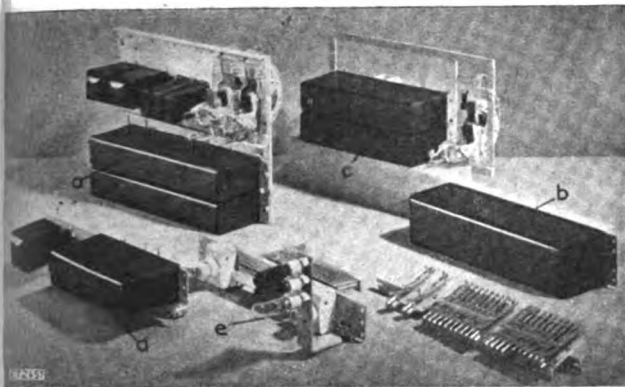


Bild 4. Relaisgestell für eine Schleife einer Schleifenanlage.

erfüllen. Durch eine Aneinanderreihung verschiedenartiger Einheiten wird also die Schaltung stufenweise aufgebaut und zwar derart, daß mehrere gleichartige Einheiten jeweils auf eine nächstfolgende arbeiten. Die Anordnung bietet vor allem den Vorteil, daß die Anlagen beliebig erweitert werden können. Auch ergeben sich bedeutende Vorzüge hinsichtlich

\* vgl. B o c k e r : Schaltungsmäßige und konstruktive Grundlagen von Sicherheits-Fernmeldeanlagen. ETZ 63 (1942) S. 233.



a Meldeempfänger, b Relaispeicher, c Zahlengeber, d Signalschiene, e Apparateschiene, f Sicherungsschiene.  
Bild 5. Baueinheiten für Schleifenanlagen.

lich Fertigung und Lagerhaltung. Bei kleineren Anlagen finden die Gestelle hinter den Tafeln Platz, bei größeren können sie getrennt in einem besonderen Raum aufgestellt werden. Marmortafeln hat man allgemein zugunsten von Stahlbindertafeln verlassen. Bild 3 zeigt eine Standschalttafel für 150 Radialleitungen mit Registriereinrichtung, während Bild 4 ein Relaisgestell mit Grundausbau für eine Schleife einer Schleifenanlage darstellt. Schleifenanlagen bieten den großen Vorteil, daß man in die Schleifen sowohl Feuermelder als auch Wächterkontrollmelder einbauen kann. Die Meldungen werden dadurch unterschieden, daß eine Feuermeldung die Leitung unterbricht, während eine Wächterkontrollmeldung eine Stromschwächung bewirkt. Bild 5 zeigt verschiedene Baueinheiten moderner Schleifenanlagen. Der Meldungsempfangsrahmen enthält die Schaltmittel für die Ruhestromüberwachung der Schleifenleitung sowie u. a. zwei 50teilige Drehwähler als Aufnahmeaggregate. Jeder dieser Wähler ist einem Schleifenleitungsende zugeordnet. Gemäß der Arbeitsweise der Sicherheitsschaltung werden beim Auslösen eines Feuermelders bei ungestörter Schleifenleitung beide Wähler durch die vom Melder kommenden Impulse gesteuert und stellen sich auf den der Meldernummer entsprechenden Drehschritt ein. Der Meldungsempfangsrahmen dient gleichzeitig noch zur Anzeige der möglichen Unregelmäßigkeiten, veranlaßt also die

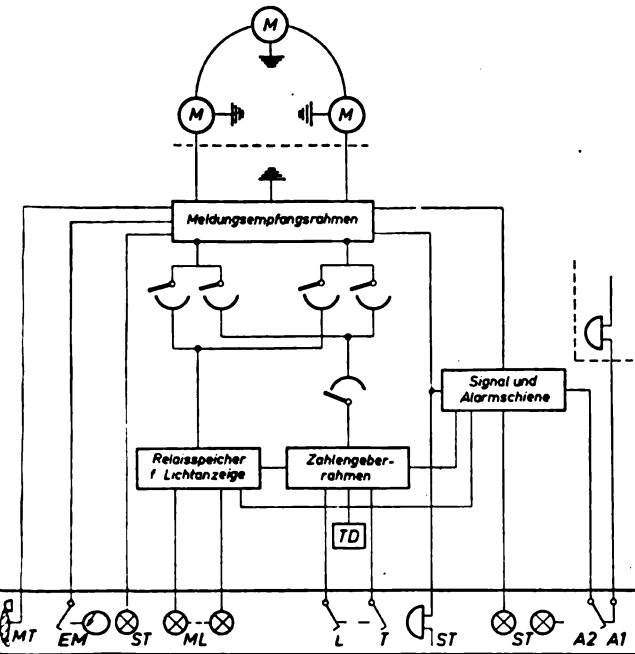


Bild 7. Neuzzeitliche Leuchttafel für Feuermeldeanlagen.

Einschaltung von optischen und akustischen Signalen bei Drahtbruch und Erdschluß (Bild 6). Weiterhin ist er mit den Schalteinrichtungen zum Führen von Gesprächen über die Meldeschleifen ausgestattet. Die Anrufe werden von den Meldern aus durch eine geringe Stromschwächung gegeben. Der Relaispeicher dient zum Einschalten der Leuchtfelder mit der Bezeichnung der Meldernummern und der Schleifen (Bild 7). Der Zahlengeber hat die Aufgabe, den Typendruck zu steuern, der die Nummern der Feuermelder und der Wächterkontrollmelder registriert. Der Typendruck zeichnet selbsttätig die Meldernummer, die Uhrzeit und den Tag als fortlaufende Zahl auf, so daß eine Umschaltung am Monatsende nicht nötig ist. Die Signalschiene enthält die Relais für die Überwachung der Haupt- und Einzelsicherungen sowie der Drehwähler und des Relaisunterbrechers, der als auswechselbare Einheit eingehängt wird. Die Apparateschiene enthält die Klemmen oder die Verteiler zum Anschluß des Netzes, der Batterien, der Schleifenleitungen und außenliegende Apparate sowie einen Störungs- und einen Alarmwecker. Die Sicherungen sind auf einer besonderen Schiene vereinigt. Ein bedeutender Fortschritt wurde hinsichtlich der Stromversorgung der Schleifen erzielt. Bei modernen Anlagen werden sie direkt aus dem Netz über Gleichrichter gespeist. Dadurch ergeben sich bedeutende Ersparnisse an Raumbedarf sowie an Anlage- und Pflegekosten. Bei Netzausfall übernimmt die immer notwendige Ortsbatterie die Speisung der Schleifenleitungen. Zu diesem Zweck wird ihre Gleichspannung zerhackt und einem Transformator zugeführt, der sekundär die Netzspannung liefert. Ein besonderer Fortschritt besteht weiterhin darin, daß man mit einer neuen Meß- und Prüfeinrichtung jede beliebige Meldernummer in dem zu prüfenden Schleifenast der einzelnen Leitungen nachbilden und damit jedes einzelne Aufnahmeaggregat prüfen kann. Außerdem ist es möglich, Drahtbruch, Erdschluß oder kombinierten Drahtbruch und Erdschluß in jedem Schleifenast künstlich herzustellen und den Einlauf von Meldungen unter diesen Bedingungen zu überprüfen.

Eine weitere Ausnutzung der Leitungsschleifen ist dadurch möglich, daß in sie die Alarmwecker in den Wohnungen der Mitglieder freiwilliger Feuerwehren eingefügt werden. Diese Alarmgeräte werden mit Wechselstrom betrieben, so daß die Meldungen nicht gestört werden.

Für die Wächterkontrollanlagen wurden verschiedene Zusatzeinrichtungen geschaffen. Zu erwähnen ist insbesondere eine Kontrolleinrichtung für Zeitüberschreitung, mit der eine bestimmte Zeit zwischen zwei Wächtermeldungen, und zwar von 5 bis 35 Minuten verstellbar, festgelegt wird. Bei deren Überschreitung wird ein Signal ausgelöst. Man kann zwei solcher Einrichtungen unterbringen für den Fall, daß zwei Wächter im selben Melderbereich eingesetzt sind, denen dann je eine Gruppe bestimmter Melder zugeordnet wird. Diese Zusatzeinrichtung kann noch dahingehend erweitert werden, daß man beim Ertönen des Signals für die Zeitüberschreitung einen Schalter betätigt, so daß die Nummer des zuletzt betätigten Melders auf einem Leuchtfeld sichtbar wird. Ähnlich wie in Feuermeldeanlagen kann man auch in Wächterkontrollanlagen von jedem Melder aus mit der Zentrale sprechen.



EMT Mikrotelephon, EM Erdschlußmessung, ST Störungslampen oder Störungswächter, ML Meldersignallampen, L Schalter für die Leuchtfelder, T Telefonschalter, A<sub>2</sub> Alarm abgeschaltet, A<sub>1</sub> Alarmabstellschalter, TD Typendruck, M Melderlaufwerk.  
Bild 6. Schema der Empfangseinrichtung.

**Selbsttätige Feuermelder**

Derartige Feuermelder, die auf Erwärmung ansprechen, können sowohl radial als auch in Schleifen an die Zentrale angeschlossen werden. Man unterscheidet Schmelzlotmelder, die bei einer bestimmten Temperatur ansprechen, Maximalmelder, bei denen die Ansprechtemperatur einzustellen ist sowie Differentialmelder, die unabhängig von der Anfangstemperatur auf plötzliche Temperatursteigerungen reagieren. Maximalmelder enthalten als Schaltorgan einen U-förmig gebogenen Bimetallstreifen, der sich bei Auftreffen der Wärmewelle öffnet. Differentialmelder (Bild 8) enthalten außer einem Maximalmelder ein U-förmig gebogenes Glasrohr, das etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist. In die beiden Schenkel des U-Rohrs sind Drähte für die Zuleitung eingeschmolzen, das Quecksilber gibt den Kontakt. Der luftleere Raum über dem Quecksilberspiegel beider Schenkel enthält eine geringe Menge leicht verdampfender Flüssigkeit. Bei Erwärmung entsteht ein Gas, das auf das Quecksilber drückt. Um den gewünschten Effekt, nämlich Kontaktunterbrechung bei plötzlichem Temperaturanstieg zu erzielen, ist einer der Glasschenkel mit einem Calitrohr mantelartig umhüllt. Bei raschem Temperaturanstieg entsteht, da Calit ein schlechter Wärmeleiter ist, in dem freien Schenkel ein Überdruck, der das Sinken des Quecksilberspiegels im freien Glasschenkel und damit eine Stromunterbrechung bewirkt. Ein langsames Ansteigen der Temperatur bewirkt dagegen eine gleichmäßige Erwärmung beider Glasschenkel, so daß sich das Quecksilber nicht bewegt. Differentialmelder sind besonders für solche Räume geeignet, die zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten erhebliche Temperaturunterschiede aufweisen, wie es bei Dachböden und Wellblechgaragen der Fall ist. Die Ruhekontakte des Maximalmelders und des Differentialrohrs liegen hintereinandergeschaltet, so daß eine sichere Meldung auf jeden Fall gewährleistet ist.

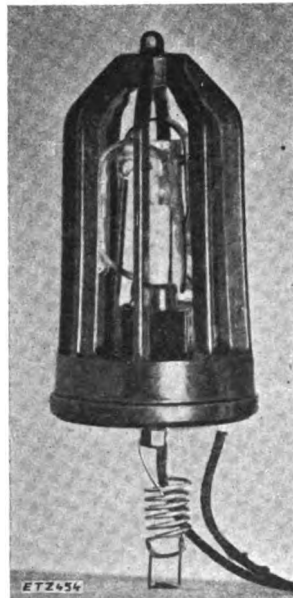


Bild 8. Differentialmelder.

Als neuer Typ eines selbsttätigen Feuermelders ist der sogenannte Ionisationsmelder zu erwähnen, der bereits auf Rauchentwicklung anspricht. Das Gerät enthält zwei in Reihe geschaltete Ionisationskammern, deren Ionisation durch Radiumpräparate aufrecht erhalten wird. Eine der Kammern ist geschlossen, während die andere für die Raumluft zugänglich ist. Die Anordnung ist so getroffen, daß bei einer bestimmten am Melder liegenden Gleichspannung der Ionisationsstrom in der geschlossenen Kammer seinen Sättigungsgrad erreicht, nicht dagegen der Ionisationsstrom in der offenen, für die Verbrennungsgase zugänglichen Kammer. Dringen nun bei einem entstehenden Brand, selbst ehe noch eine sichtbare Rauchentwicklung stattfindet, die Verbrennungsgase in die offene Kammer ein, so verringert sich die Leitfähigkeit der Luft in dieser Kammer. Damit wächst der Widerstand für den geringen, durch den Melder fließenden Gleichstrom, und die Spannung an der Hilfselektrode nimmt zu. Bei einem bestimmten Spannungswert zündet das

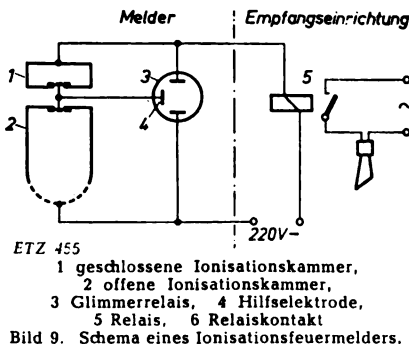
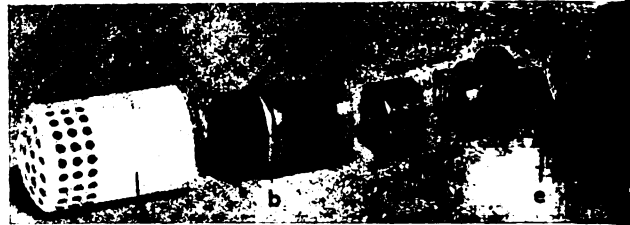


Bild 9. Schema eines Ionisationsfeuermelders.



a Schutzkappe, b offene Kammer, c Radiumpräparat für offene Kammer, d geschlossene Kammer, e Glimmerrelais, f Sockel  
Bild 10. Ionisationsmelder, in seine Teile zerlegt.

Glimmerrelais und bringt das Relais in der Empfangseinrichtung zum Ansprechen. Über einen Relaiskontakt wird akustisch und optisch Alarm ausgelöst (Bilder 9 u. 10). Je nach den räumlichen Verhältnissen faßt man mehrere an einer Leitung liegende Melder zu einer Gruppe zusammen. Im allgemeinen genügt ein Melder zur Überwachung einer Fläche von 20... 50 m<sup>2</sup>. In vielen Fällen wird es zweckmäßiger sein, eine derartige Ionisationsanlage mit den erwähnten anderen selbsttätigen Feuermeldern zu kombinieren. Man wird also die Räume mit besonders wertvollem Lagergut durch Ionisationsmelder und die anderen durch die einfacheren Feuermelder schützen.

**Raumschutzanlagen**

Derartige Anlagen sollen bei unbefugtem Eindringen in Gebäude und Räume Alarm geben sowie einzelne Objekte gegen Wegnahme und Beschädigungen schützen. Hinsichtlich Wirkungsweise, Konstruktion und Ausführung wird verlangt, daß sie einerseits im Ernstfall sicher ansprechen und andererseits gegen Störeinflüsse, insbesondere Erschütterungen, unempfindlich sind. Häufig wiederkehrende Fehlalarme können den Wert einer Raumschutzanlage illusorisch machen<sup>3</sup>. Damit die Anlagen immer betriebsbereit sind, müssen sich, ähnlich wie bei Feuermeldeanlagen, Leistungsstörungen selbsttätig ankündigen. Im allgemeinen geschieht das auch hier durch die Verwendung des Ruhestromsystems. Besondere Vorsichtsmaßnahmen werden meist noch dahingehend getroffen, daß das Einschalten der Anlagen nicht vergessen wird. Durch den Ruhestrombetrieb ergibt sich die Ausführung der Anlagen und ihrer Einzelteile von selbst. Die zu schützenden Türen, Fenster, Wände und Fußböden werden mit Kontakten oder Drahtbespannungen versehen, die durch einen unbefugten Eingriff geöffnet oder unterbrochen werden. Wandflächen und Fenster werden vor allem durch Fäden geschützt, die einen Zugkontakt geschlossen halten oder ihn bei Störungen in die Unterbrechungsstellung schnellen lassen. Bild 11 zeigt einen solchen Zugkontakt sowie einen Türkontakt, der bei geschlossenem Türkontakt gibt. In Wände, Decken und Fußböden kann man die Drahtbespannungen entweder unter Putz verlegen oder auf dünnen Sperrholzplatten befestigen und diese anschrauben. Außerdem lassen sich Kontaktmatten auslegen, die beim Betreten Alarm geben. Zum Einschalten der Anlage dient ein sog. Geheimschalter, der so gebaut ist, daß nur bei einer bestimmten, an einer Zahlenskala einstellbaren und erkennbaren Stellung einen Kontakt schließt und

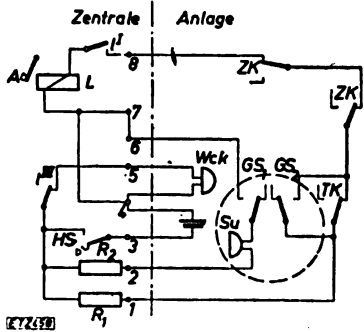


Bild 11. Zugkontakt und Türkontakt für Ruhestromanlagen.

<sup>3</sup> Über Erfahrungen beim Bau von Raumsicherheitsanlagen. Der Elektrotechniker 1 (1949) S. 106.

...inen anderen öffnet. Einerseits überbrückt man mit dem Geheimschalter den Kontakt der Tür, an der er angebracht ist, andererseits schaltet er einen im Geheimschalter selbst angebrachten Summer ein. Dieser bleibt so lange eingeschaltet, bis man den Geheimschalter wieder auf die vorher eingestellte Zahl gedreht hat. Die Zentrale der Anlage enthält vor allem das Ruhestromrelais, dessen Abfall den Alarm einschaltet. Bei der Inbetriebnahme der Anlage muß man,

da zum Halten des Relais ein geringerer Strom als zum Anziehen nötig ist, den Relaisanker von Hand andrücken. Bild 12 zeigt das Schaltbild einer derartigen Ruhestromanlage mit einer Reihenschaltung sämtlicher eingebauten Kontakte, während Bild 13 den Geheimschalter sowie einen Druckknopfschalter für den Überfallalarm, einen Fußschalter für den gleichen Zweck sowie einen mechanischen Alarmwecker darstellt.

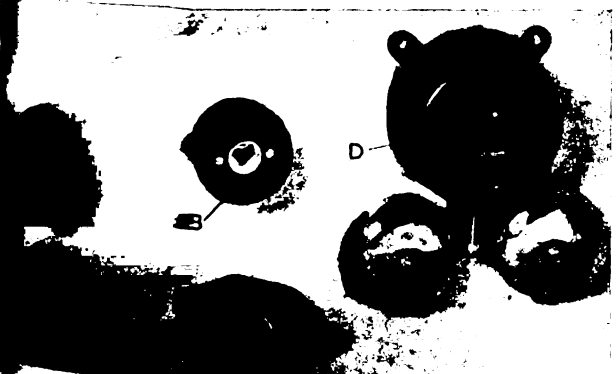


A Anwurfaste, ZK Zugkontakte, TK Türkontakte, HS Hauptschalter, Wck Wecker, GS, u. GS, Kontakte im Geheimschalter, Su Summer im Geheimschalter  
Bild 12. Schaltbild einer Ruhestromanlage.

Dieser mechanische Alarmwecker wird von einer Feder getrieben, die im Ruhezustand von einem Ruhestromkontakt festgehalten wird. Wird der Strom von unbefugter Hand unterbrochen, so läuft der Wecker ab. Nach dem Ablauf wird ein Schild sichtbar, das an das Wiederaufziehen erinnert. Derartige Alarmanlagen lassen sich mit mehreren Stromkreisen ausstatten, die zum Teil ständig eingeschaltet sind und zum Teil nur nachts. In die ständig eingeschalteten Stromkreise werden Druckknöpfe und Fußschalter gelegt, mit denen also jederzeit Alarm gegeben werden kann.

Für den Schutz von Kassenschränken oder Tresoren gibt es Tresorpendel, die über die Tür geklappt werden und bei geringen Höhenunterschieden zwischen Fuß- und Fühlpunkt ansprechen, gleichgültig ob sie durch Erschütterungen oder Erwärmung durch Schneidbrenner verursacht sind. Auf allgemeine Gebäudeerschütterungen spricht das Pendel jedoch nicht an. Das Pendel enthält ein Hebelsystem, dessen langer Arm ein Isolierklötzchen zwischen den Kontakten hält. Normalerweise beeinflußt der Hebelarm die Kontakte nicht, dagegen werden sie geöffnet oder geschlossen, wenn Fuß- und Fühlpunkt gegen einander verschoben werden. Das Hebelsystem ist mit einem Schutzrohr umgeben und kann um 90° gedreht werden, so daß die Tür für Befugte freigegeben wird. In dieser Freigabestellung sind die Meldeschalter außer Wirkung und ein weiterer im Gehäuse untergebrachter Überwachungsschalter geöffnet.

Bei Ruhestromanlagen des erwähnten Systems wäre es immerhin möglich, einen Kontakt zu überbrücken und damit die Anlage sozusagen zu überlisten. Für den Schutz be-



A Geheimschalter, B Druckknopf, C Fußschalter, D mechanischer Alarmwecker  
Bild 13. Bauteile für Raumschutzanlagen.

sonders großer Werte wurde deshalb ein auf einer Brückenschaltung beruhendes System geschaffen, das sich nicht außer Betrieb setzen läßt. Es enthält gemäß Bild 14 in der Zentrale zwei feste Widerstände, während die einzelnen Kontaktapparate und Alarmgeräte in die anderen Brückenarme gelegt sind. Die Brücke wird so abgeglichen, daß ein in der Diagonale liegendes, ansprechempfindliches gepoltes Relais in der Ruhestellung ist. Bei irgendwelchen Eingriffen in die Brückenarme spricht das Relais an und schaltet den Alarm ein. Um auch das Abschalten der Betriebsspannung wirkungslos zu machen, verwendet man den bereits erwähnten mechanischen Alarmwecker mit Ruhestromsperre. Die Zentrale solcher Anlagen wird durch einen Geheimschalter gesichert.

Bei einer neuen Art von Raumschutzanlagen wird die Änderung einer Kapazität, die durch die Annäherung einer Person an den zu schützenden Gegenstand entsteht, zur Auslösung des Alarms benutzt. Derartige Anlagen stellen insofern einen bedeutenden Fortschritt dar, als der Eindringling bereits ohne körperliche Berührung von Türen, Wänden oder Gegenständen angekündigt wird. Auch können keine Kontaktstörungen eintreten. Die Kapazität besteht gewöhnlich aus einem ausgespannten Draht, der bis zu 50 Meter lang sein kann. Die Schaltung ist so aufgebaut, daß nur schnelle Änderungen der Kapazität zu einem Alarm führen. Bei langsamen Änderungen, die durch die Röhrenalterung, Temperatureinflüsse oder Inkonzanz der Bauelemente entstehen können, tritt kein Alarm ein. Nach Angaben

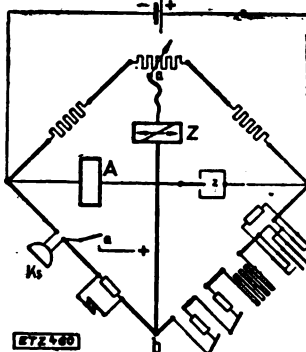


Bild 14. Prinzip einer Anlage mit Brückenschaltung.

der Herstellerfirma (I. D. Rode, Hamburg-Rahlstedt) tritt der Alarm ein, sobald sich eine Person der gesicherten Stelle bis auf 50 cm nähert. Türen und Fenster werden durch einen oder zwei Drähte gesichert, die evtl. verkleidet in der Mitte oder seitlich angebracht werden. Bei Metallflächen oder Massivmauern müssen Abstände bis zu 15 cm von den betreffenden Flächen eingehalten werden. Kassenschränke werden isoliert aufgestellt und als Teil des Schutzkreises an das System angeschlossen. Das Gerät läßt sich auch für den Schutz von Lagerplätzen u. dgl. im Freien verwenden. Das Leitungsgebilde ähnelt dann einer Antenne, wobei der Draht zur Verhinderung von Bewegungen in bestimmten Abständen durch Spezialisolatoren abgestützt werden muß.

Bei einem anderen Gerät arbeitet man mit einem elektromagnetischen Feld und läßt den Alarm durch eine Störung dieses Feldes auslösen. Das Feld wird durch einen 10 kHz-Sender erzeugt, und zwar speist dieser zwei Halbzylinder aus verchromtem Blech, die in dem zu schützenden Raum angebracht werden. Mit der Anlage kann ein Raum von etwa 30 m<sup>2</sup> Größe gesichert werden. Für größere Räume sind mehrere Anlagen notwendig. Auch bei dieser Anlage sind langsame Änderungen der Energie im Empfänger infolge Röhrenalterungen, Temperatureinflüssen u. dgl. unwirksam.

Der Vollständigkeit halber sei endlich noch auf die verschiedenen optischen Systeme hingewiesen, die mit Lichtstrahlen arbeiten. Sie bestehen im Prinzip aus einem kleinen Scheinwerfer mit Lichtoptik und einer Photozelle, auf die der Lichtstrahl fällt. Wird dieser unterbrochen, so erhält die Photozelle kein Licht mehr. Sie liefert infolgedessen keinen Strom, so daß ein Relais abfällt und den Alarm einschaltet. Um derartige Anlagen auch bei Tageslicht verwendbar zu machen, arbeitet man mit unsichtbaren Strahlen, die dadurch entstehen, daß man vor die Lichtquelle und die Photozelle für Tageslicht undurchlässige Filter setzt. Zur Erhöhung der Sicherheit verwendet man Wechsellicht, also einen unterbrochenen Lichtstrahl.



### Zusammenfassung

Wenn auch das Prinzip der Signal- und Alarmanlagen bekannt ist, so sind in letzter Zeit doch bedeutende Fortschritte der Konstruktion, Ausführung und Anwendung erreicht worden. Bei den Feuermeldeanlagen ist besonders der Übergang zu Einheitsbauweisen nach dem Baukasten-

system bedeutsam. Ferner werden neue physikalische Grundlagen in den Dienst der Sicherungstechnik gestellt, wie es bei den Ionisationsmeldern und den Raumschutzanlagen nach dem kapazitiven Prinzip und den auf Störungen eines elektromagnetischen Feldes beruhenden der Fall ist.

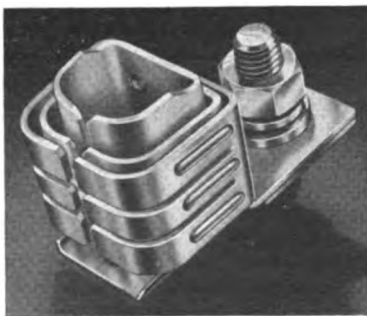
## Ein neuartiges Kontaktsystem

DK 621.315.644

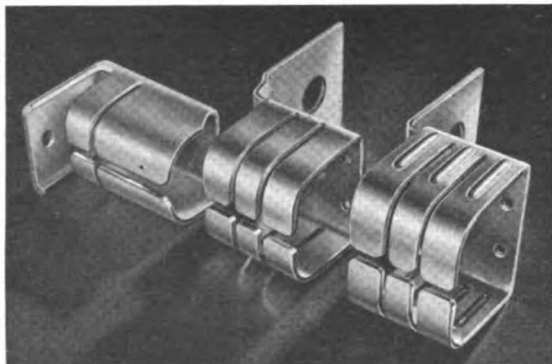
In der Starkstromtechnik werden lösbare, nicht verschraubte Kontaktsysteme häufig verwendet. Hierbei ergeben sich bei der Durchleitung größerer Ströme vielfach Schwierigkeiten, insbesondere bei Sicherungskontakten, bei welchen die von der Sicherung erzeugte Wärme auf die Kontakte übertragen wird. Untersuchungen über die Art des Stromdurchgangs zwischen zwei Kontaktflächen brachten neue Erkenntnisse, die immer mehr den Übergang vom Flächenkontakt zum Linienkontakt und die Verwendung von Silber als Kontaktmaterial zur Vermeidung des isolierenden Kupferoxyds zur Folge haben.

In Anwendung dieser neuen Erkenntnisse und durch Weiterentwicklung der auf dem Schwachstrom- und Nachrichtengebiet bereits bewährten Tuchelkontakte hat die Firma Albrecht Jung GmbH. in Ostrach/Hohenzoll. ein neues, von den bisherigen Kontaktkonstruktionen vollständig abweichendes Kontaktsystem unter der Bezeichnung „Polykontakt“ geschaffen, bei welchem nur Linienkontakte den Stromübergang vermitteln. Das zur Aufnahme des Kontaktmessers bestimmte Kontaktunterteil besteht aus mehreren Zellen, von denen jede das Kontaktmesser zangenartig umfaßt und mit ihren Stirnkanten die eigentliche Kontaktverbindung herstellt. Die zangenartigen Teile sind mit ihren Stirnkanten in ihrer Höhe zweimal geschlitzt, so daß jede Zelle 6 unabhängig voneinander wirkende Linienkontakte aufweist. Jede Zelle geht an ihrem Rücken in die Anschlußfahne über und besitzt so von dem stromabnehmenden Teil bis zum Anschluß der Stromleitung — abgesehen vom Widerstand des Kontaktmaterials — keine weiteren Übergangswiderstände (Bild 1).

Je nach der erforderlichen Stromstärke eines Kontaktes werden mehr oder weniger solcher Zellen zusammengefaßt. Da jede Zelle für sich mit einem dauerhaften Silberbelag versehen ist, kann sich zwischen den einzelnen Zellen und



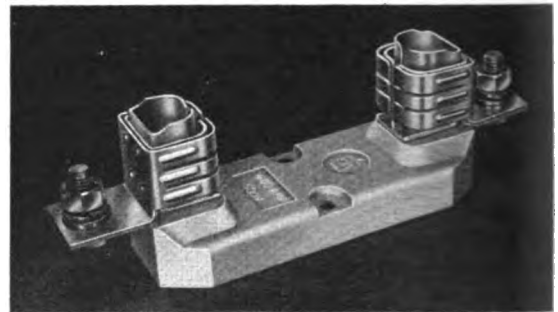
a)



b)

ETZ 545  
Bild 1. Polykontakt (a) und seine Einzelzellen (b).

zwischen den einzelnen Zellen und zwischen Stirnkante und Kontaktmesser keine isolierende Oxydschicht bilden. Zusätzlich wird jeder Kontakt mit einer besonderen Abbrandzelle versehen, die über die eigentlichen stromleitenden Zellen hinausragt. Diese Abbrandzelle bietet die Gewähr, daß auch bei einer Kontaktunter-



ETZ 544

Bild 2. Unterteil für NH-Sicherungen mit Polykontakten für 400 A

brechung unter Belastung Schmelzperlen oder sonstige Lichtbogen Spuren nur auf der Abbrandzelle entstehen, während die eigentlichen Stromleitungszellen einwandfrei bleiben. Die Abbrandzelle ist nach unten verlängert und als Fuß des Kontaktes ausgebildet. Durch die sorgfältige Zusammenfassung der stromleitenden Zellen mit der Abbrandzelle nimmt jedoch auch die Abbrandzelle an der eigentlichen Stromüberleitung teil. Der Kontakt für 200 A besteht aus 1 stromleitenden Zelle und 1 Abbrandzelle, der für 400 A aus 2 stromleitenden Zellen und 1 Abbrandzelle und der für 600 A aus 3 stromleitenden Zellen und 1 Abbrandzelle. Dementsprechend weist der Kontakt für 200 A 10, der für 400 A 16 und der für 600 A 22 unabhängig voneinander wirkende Linienkontakte für den Stromübergang auf (Bild 2).

Die neuartige Ausbildung des Polykontaktes mit der Stromabnahme ausschließlich durch Linienkontakte ergibt nach sorgfältiger Untersuchung Spannungsabfälle beim Stromübergang, die weit unter den VDEmäßigen Sollwerten liegen. So wurde bei der Untersuchung an einem Kontakt für 400 A Nennstrom festgestellt, daß der Übergangswiderstand bei Stromstärken von 200 ... 450 A und bei Kontakttemperaturen von 20 ... 100 °C bei  $1,08 \dots 1,21 \cdot 10^{-5} \Omega$  liegt. Auch nach einer mehrstündigen Überbelastung mit 550 ... 600 A, bei welcher Kontakttemperaturen mit etwa 200 °C durch eine besondere Prüfanordnung erzeugt wurden, ergaben sich wieder die gleichen Werte, wobei an den Kontakten selbst keine Änderung gegenüber dem Zustand vor der Überbelastung festgestellt werden konnte. Scheidet man die bei den hohen Temperaturen auftretende Widerstandserhöhung des Kontaktmaterials selbst noch aus, so ergibt sich die Tatsache, daß der reine Kontaktübergangswiderstand mit zunehmender Erwärmung kleiner wird. Dies zunächst verblüffende Ergebnis läßt sich dadurch erklären, daß die Kontaktfinger mit zunehmender Temperatur etwas länger werden, wodurch sich die Stirnkontakte gegen die Kontaktmesser verschieben. Bei dieser Verschiebung ergeben sich dann weitere Stromübergangspunkte innerhalb der einzelnen Kontaktlinien.

Die Ausbildung des Polykontaktes mit der Stromüberleitung ausschließlich durch Linienkontakte ergibt infolge der parallel zur Schaltbewegung stehenden Linienkontakte und der viel kleineren Reibungsflächen eine außerordentlich leichte Schaltbarkeit. Bei bisherigen Kontaktkonstruktionen erfordert das Abziehen einer Sicherung — vor allem einer für hohe Stromstärke — viel Kraft. Der verminderte Kraftbedarf beim Polykontaktsystem wirkt sich bei den heute häufig dreipoligen Niederspannungs-Hochleistungssicherungen im sogenannten Trennsicherungsschalter besonders günstig aus.

A. König



## Hochfrequenz-Strommessung mit Betriebsinstrumenten

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M.)

Von Hans Wechsung, Frankfurt a. M.

DK 421.317.313.002.6

**Übersicht.** Mit Einführung der Mittel- und Hochfrequenztechnik in die verschiedensten Industriezweige müssen auch die hochfrequenten Vorgänge genau beobachtet werden können. Hierzu gehören vor allem Strommesser, die robust sind und sich für betriebliche Messungen eignen. Solche Geräte mit genauen Angaben über ihre Frequenzabweichungen werden beschrieben und Hinweise für ihren richtigen Einsatz gegeben.

Die Hochfrequenzenergie gewinnt neben ihrer ständigen Anwendung im Nachrichtenwesen in weiteren Zweigen der Technik immer wachsende Bedeutung. Die Elektromedizin benutzt in ihren Diathermiegeräten hochfrequente Wechselströme bis zu 100 MHz und kommt dadurch an den Krankheitsherd heran, ohne die äußeren Hautschichten zu verletzen. Ultraschall wird ebenfalls bei kleineren Energien, wie sie die Medizin benötigt, und bei größten technischen Anlagen über einen Hochfrequenzsender erzeugt, dessen Energie unmittelbar die Schalleistung bestimmt. Überhaupt noch nicht völlig zu übersehen ist die Bedeutung, die die induktive Erwärmung von Metallen und die kapazitive Erwärmung und Trocknung von Isolierstoffen noch erreichen wird, bei denen fast das gesamte Frequenzband bis zu den höchsten Frequenzen benutzt wird. Die Erfolge, die bisher auf den verschiedensten Gebieten erreicht wurden, sind sehr groß und erzwingen die immer größere Einführung der Hochfrequenz.

Alle diese Verfahren haben außer ihren besonderen Vorzügen die Eigentümlichkeit, daß die beabsichtigte Wirkung in dem behandelten Material in einem Bruchteil der Zeit erfolgt, die man früher bei anderen Verfahren benötigte. Deshalb und auch aus wirtschaftlichen Gründen — die Hochfrequenzenergie ist teuer — ist es wichtig geworden, vor allem auch bei Serienherstellung, die in das Material geschickte Energie überwachen zu können. Ein eindeutiges Maß für die in dem Gegenstand umgesetzte Energie ist die hineingeschickte Leistung. Leider aber treten bei betrieblichen Messungen solcher Leistungen Schwierigkeiten auf, die es z. Zt. noch nötig machen, sich auf die Messung von Spannung und Strom zu beschränken. Im folgenden sind nun einige neuentwickelte Geräte beschrieben, die bei einer Strommessung im Betrieb bei mittleren und höheren Frequenzen eine Lücke schließen.

### Kleinere Ströme

Wenn man einmal von der Forderung absieht, extrem kleine Ströme zu messen, so ist für Stromstärken bis etwa 6 A der Thermoumformer das geeignete Instrument. Der Hauteffekt spielt je nach dem Strombereich bis zu Frequenzen von  $10^8$  Hz eine untergeordnete Rolle. Unbedingt beachtet werden muß aber die Parallelkapazität zum eigentlichen Meßdraht und ein evtl. über die Thermoschenkel abfließender Erdstrom. Dieser Erdstrom, der das Ergebnis völlig fälschen und auch zum Durchbrennen der Schenkel des Elementes führen kann, kann durch Einschalten des Thermoumformers an einer hochfrequenzspannungsfreien Stelle vermieden werden. Dann darf aber auch die zum Gleichstrominstrument führende Leitung keine Hochfrequenz aufnehmen, was durch gute Abschirmung erreicht wird.

Oft muß man den Strom an einer „heißen“ Stelle messen, d. h., an einer Stelle mit Hochfrequenzpotential gegen Erde. Dann kann der fälschende Erdstrom nicht ganz vermieden, sondern nur auf ein unschädliches Maß herabgesetzt werden. Dies wird durch eine Trennung des Thermoelemen-

tes vom Heizleiter durch eine Glasperle erreicht, wodurch die Kapazität zwischen dem Heizer, also dem Hochfrequenzpotential, und dem Element auf etwa 0,5 pF herabgesetzt wird. Aber auch 0,5 pF sind bei  $10^8$  Hz nur noch etwa 3000  $\Omega$ , so daß bei 100 V Spannung gegen Erde ein Fehlstrom von 33 mA zustande kommen kann. Also auch hier ist beim Messen im „heißen“ Leiter äußerste Vorsicht geboten. Sonst ist aber der Thermoumformer ein geeignetes robustes Gerät, mit dem genaue Strommessungen bis zu Frequenzen von mindestens  $10^8$  Hz durchgeführt werden können.

Bild 1 zeigt den neuen Thermoumformer HWUKW von H & B mit einer Glasperle zwischen Heizer und Element. Um die so erreichte Kapazität von rd. 0,5 pF zu erhalten, sind die Zuleitungen für den Heizer und für das Element an entgegengesetzten Enden der Glaspatrie herausgeführt. Diese Konstruktion ist schwieriger herzustellen als eine solche mit Quetschfuß und verlangt vor allem höchste Glasblastechnik. Die Längen der Zuführungen zum Heizer sind je nur etwa 12 mm, so daß die zusätzliche Induktivität und damit die Verstimmung eines Schwingungskreises gering bleibt.

Da diesem Thermoumformer bewußt eine obere Grenze zugeordnet wurde, so konnte er auch mit einer Armatur versehen werden, die es erlaubt, mit diesem Gerät wirklich im Betrieb zu messen. In Bild 2 ist der vollständige Thermoumformer abgebildet, der über eine doppelt abgeschirmte Leitung mit dem ebenfalls in einem Abschirmkasten untergebrachten Meßinstrument verbunden ist. Das Bild 3 zeigt die Armatur geöffnet; man kann sehen, daß die Kapazität der hochfrequenzführenden Teile gegenüber dem Erdpotential (Abschirmung) klein geblieben ist und auch die Parallelkapazität zum Meßdraht vernachlässigbar klein gehalten werden konnte. Der gewählte Werkstoff ist hochwertige Keramik, so daß auch im Meßkreis keine zusätzliche Dämpfung entstehen kann. Der Anschluß dieses Gerätes wurde für Bananenstecker vorgesehen, es können jedoch auch bei besonders empfindlichen Messungen die Leitungen direkt in zusätzlich vorgesehene Löcher eingesteckt und verschraubt werden. Dies ist von der Seite, von hinten und von vorn möglich, so daß in allen auftretenden Fällen die kürzeste Leitung gefunden werden kann.

In Bild 3 rechts ist ein Thermoumformer mit Luftheizer für Ströme 0,5 ... 6 A zu sehen. Besonders die größeren Stromstärken erfordern die größeren Messingklötze an den Stromzuführungsstellen, um einen einwandfreien Nullpunkt zu garantieren. Sollten diese Metallklötze stören, so können auch solche aus Plexiglas verwendet werden, in denen ein klein



Bild 1. Thermoumformer.

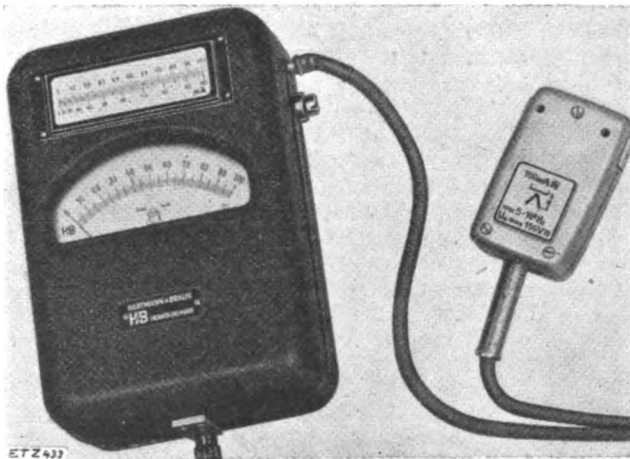


Bild 2. Strommeßgerät mit Thermoumformer.

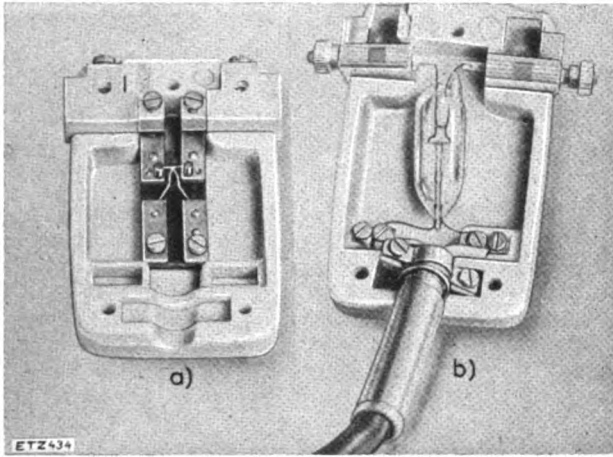


Bild 3. Geöffnete Armaturen.

gehaltener Metallteil eingepreßt ist, an den die Meßleitungen angeschraubt oder angelötet werden können (Bild 3 links).

Für ganz kurze Wellen bis zur cm-Wellen-Technik ist der Thermoumformer HWUKWS mit seitlich herausgeführten Anschlüssen (Bild 4) geeignet. Seine Gesamtleitungslänge beträgt etwa 25 mm, während der Heizdraht etwa 6 mm lang oder zu einer kleinen Spirale aufgewickelt ist. Die Zuführungen zum Heizer selbst sind bei diesem Umformer in reinem Platin gehalten. Der übrige Aufbau dieses Gerätes ist ähnlich dem vorhergehenden, so daß auch mit den gleichen Erdkapazitäten gerechnet werden kann. Eine Armatur für diesen Thermoumformer ist nicht vorgesehen, so daß der Experimentator die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten in Kauf nehmen muß.

In Bild 5 sind die Grenzfrequenzen in Abhängigkeit von dem Strommeßbereich bei 1,5% Fehler für die Thermoumformer HWUKW mit und ohne Armatur und für den Thermoumformer HWUKWS aufgetragen. Man sieht, daß die Armatur nur bei Strommeßbereichen unter 40 mA einen geringen Fehler bringt. In bekannter Weise läuft die Kurve infolge des Einflusses des Hauteffektes in dem gewählten Maßstab als Gerade, die zwischen 250 und 400 mA eine Verschiebung durch den Übergang vom Luftheizer auf Vakuumheizer erhält. Unterhalb 40 mA, wo die Grenzfrequenz den sehr großen Wert von  $10^9$  Hz erreicht, macht sich die Parallelkapazität zum Heizdraht bemerkbar, so daß man bei der Ausführung HWUKW bei 1 mA eine Grenzfrequenz von rd.  $2 \cdot 10^6$  Hz in Kauf nehmen muß.

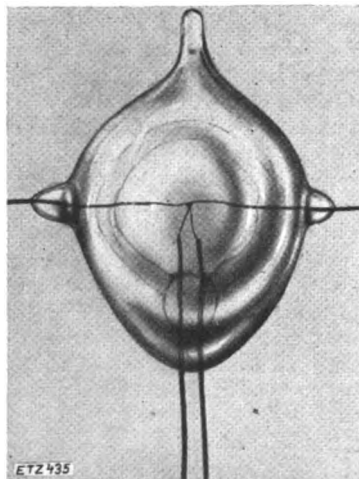


Bild 4. Thermoumformer für kurze und cm-Wellen.

Günstiger für kleine Ströme unter 40 mA liegen die Grenzfrequenzen bei der Ausführung HWUKWS, die theoretisch den Verlauf der gestrichelten Kurve IIIa haben. Praktisch muß jedoch die zu messende Wellenlänge groß gegen die räumliche Ausdehnung des Umformers bleiben, so daß man bei Strömen unter 40 mA auch nur  $10^9$  Hz als Grenzfrequenz zulassen kann.

**Größere Ströme**

Wesentlich schwieriger wird die Behandlung von Strömen über etwa 6 A. Hier hat sich der Thermoumformer bei Hochfrequenz nicht bewährt. Bei Verwendung von sehr dünn-

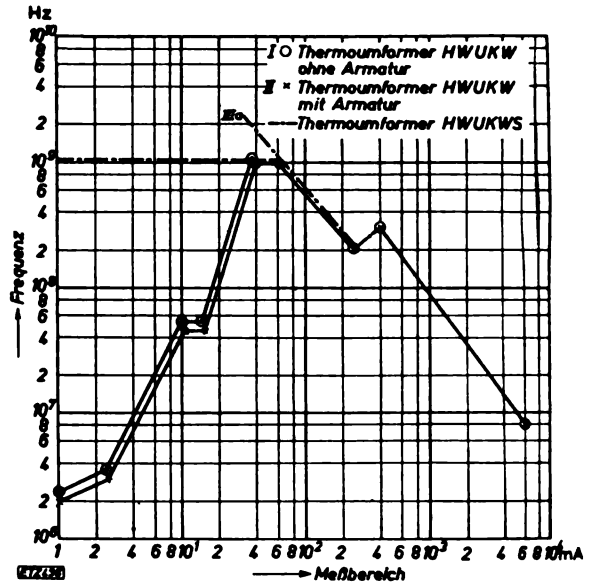


Bild 5. Grenzfrequenzen des Thermoumformers bei 1,5% Fehler.

wandigen Röhrcn als Heizer kann zwar der Fehler durch den Hauteffekt auch bei Frequenzen um  $10^8$  Hz noch klein gehalten werden, der erforderliche Leistungsbedarf macht sich aber schon störend bemerkbar. Braucht doch z. B. ein 50 A-Thermoumformer 12,5 W Leistung, die aufgebracht und auch abgeführt werden muß. Dadurch werden auch die äußeren Abmessungen so groß, daß er z. B. in einem Schwingungskreis von 3 m Wellenlänge gar nicht mehr untergebracht werden kann. Die Meßanordnung verändert die elektrischen Größen maßgebend, was ja nicht ihr Zweck sein darf. Die größte Schwierigkeit besteht jedoch in der Notwendigkeit, die Gleichstromseite des Thermoumformers frei von Hochfrequenz zu halten, um auf diese Weise Fehlmessungen zu vermeiden. Dies wird sofort verständlich, wenn man bedenkt, daß bei größeren Strömen auch meist größere Energien vorhanden sind, die mit ihren Störfeldern die Meßleitung stark gefährden. Da das Element auf Milliampere anspricht, kann es vorkommen, daß ein Thermoumformer schon Vollausschlag zeigt, wenn nur ein Bruchteil des angezeigten Stromes durch den Heizer fließt. Auch wenn die Gleichstrom- und Hochfrequenzkreise galvanisch durch eine Glasperle getrennt sind, ist bei der Messung mit Thermoumformern bei großen Strömen größte Vorsicht geboten.

Abhilfe bringt hier der Stromwandler, mit dem es ohne weiteres möglich ist, Ströme von einigen Ampere bis zu einigen hundert Ampere zu messen, und zwar ohne den Hochfrequenzkreis fühlbar zu stören (räumlich und auch durch zusätzliche Dämpfung). Ebenfalls gelingt es, beim Stromwandler den Erdstrom eine Zehnerpotenz kleiner zu halten als beim Thermoumformer und ihn außerdem völlig unschädlich abzuleiten.

Die Stromwandler für Hochfrequenzzwecke, die heute allgemein als Durchsteckwandler<sup>1</sup> gebaut werden, können bei Ausrüstung mit einem Thermoumformer, der eine sehr niedrige Bürde bedeutet, und bei Ausbildung des Eisenkernes als Ringkern recht brauchbare Frequenzkurven ergeben.

In Bild 6 ist das Übersetzungsverhältnis eines solchen Stromwandlers für 20 A Stromstärke dargestellt. In der Klasse 3, in der diese Wandler meist geliefert werden, wäre

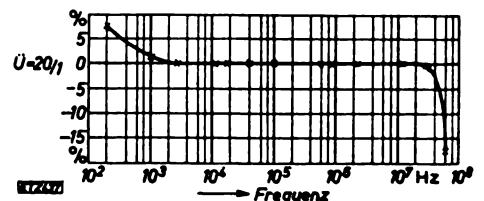


Bild 6. Übersetzungsverhältnis eines Wandlers für 20 A.

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 71 (1950) S. 221, auch Bild 39.

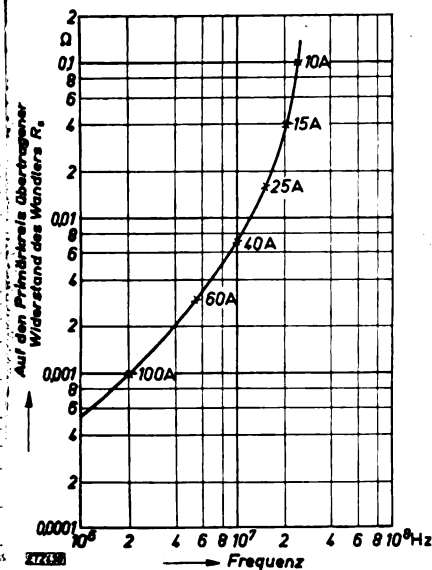


Bild 7. Äquivalenter Serienverlustwiderstand des Wandlers.

er brauchbar in bezug auf Frequenzfehler mindestens zwischen  $10^5$  und  $4 \cdot 10^7$  Hz. Die obere Grenzfrequenz wird jedoch durch die noch zulässige Erwärmung des Wandlers bestimmt, die in diesem Falle bei  $1,8 \cdot 10^7$  Hz liegt.

Der Frequenzgang von Wandlern für andere Stromstärken verläuft ähnlich dem in Bild 6 gezeigten. Die untere Frequenzgrenze liegt bei rd. 1000 Hz, während die obere durch die noch zulässige Erwärmung bestimmt wird. Um diese festzulegen, wurde die durch den Wandler hervorgerufene Zusatzdämpfung in einem Schwingungskreis bei verschiedenen Frequenzen gemessen und aus dieser der äquivalente Serienverlustwiderstand  $R_s$  errechnet. Bild 7 zeigt  $R_s$  als Funktion der Frequenz. Begrenzt man den Eigenverbrauch des Wandlers auf 10 W, wobei er sich im Dauerbetrieb auf  $60 \dots 70^\circ \text{C}$  erwärmt, so ergeben sich ohne weiteres die Grenzfrequenzen für diesen Wandlertyp für die verschiedenen Stromstärken, die in die Kurve eingetragen sind.

Entsprechend den Normen sind die Strommeßbereiche mit 4, 6, 10, 15, 25, 40, 60, 100 A festgelegt, wobei für jeden Meßbereich ein Wandler nötig ist. Ist der Einsatz des Wandlers jedoch mit sehr großen Montagearbeiten verbunden und liegt der Arbeitsmeßbereich noch nicht fest, so kann dieser Wandler auch umschaltbar für drei Meßbereiche und gegebenenfalls mit einer Kurzschlußmöglichkeit des Heizkreises des Thermoumformers als Type Ti 105 u geliefert werden.

Sollen oberhalb der sich aus der Bild 6 ergebenden Frequenzen Ströme gemessen werden, so muß der Eisenkern durch einen Hochfrequenz-Eisenkern oder durch Luft ersetzt werden. In beiden Fällen wird der Frequenzbereich des Wandlers sehr viel kleiner, und er muß in allen Fällen bei der Betriebsfrequenz geeicht werden.

## Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen

Von **Heinr. Wilh. Schaeppers**, Brambauer b. Dortmund

DK 621.31 : 614.84

**Übersicht.** Ausgehend von den VDE-Leitsätzen wird gezeigt, daß die Ceagol-Feuerlöschanlagen geeignet sind, Brände in elektrischen Anlagen rechtzeitig, wirkungsvoll und ohne Löschschäden zu bekämpfen.

In VDE 0132 (DIN 57 132), § 4, Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe, wird vorgeschrieben: „Elektrische Maschinen, Schalttafeln und Apparate sind nach Möglichkeit vor Löschwasser zu schützen. Beim Brand vorstehender Anlagen sind nichtleitende Löschmittel mit nichtleitenden Treibmitteln zu verwenden. Die Isolierfähigkeit des Löschmittels darf auch durch das Treibmittel nicht herabgesetzt werden.“

Dem heutigen Stande der Technik entsprechend haben die Isolation, der Kurzschluß- und Überstromschutz, der Blitzschutz, die Reibungsverhältnisse in Lagern und Kollektoren, also Maßnahmen mit dem Teilziel, Brände zu verhüten, ein hohes Niveau erreicht. Stellt man noch die menschliche Behebung und Wartung in Rechnung, hat man die wesentlichen Möglichkeiten indirekter Brandbekämpfung erkannt. Wenn trotzdem immer wieder erhebliche Sachschäden durch Brände in elektrischen Anlagen entstehen, ist die wirtschaftliche und technische Bedeutung der direkten Brandbekämpfung auf diesem Gebiet erwiesen.

Das Löschmittel Ceagol<sup>1</sup> ist eine Zusammensetzung flüssiger Gase mit dem spezifischen Gewicht 2. Es ist nichtleitend, frostsicher bis  $-80^\circ \text{C}$ , greift weder Metalle noch Isolierstoffe an und hinterläßt keine Rückstände. Seine Löschwirkung ist schlagartig. Der Löschvorgang wird durch zwei Komponenten mit den Siedetemperaturen  $4,5$  und  $132^\circ \text{C}$  bestimmt. Beim Auftreffen auf den Brandherd wird dieser unterkühlt. Während die erste Komponente sofort verdampft und ihre Gase, deren Gewicht 3,5mal höher ist als das der Luft, den Sauerstoffzutritt verhindern, erreicht der zunächst noch flüssige Teil eine Tiefenwirkung durch Eindringen in den Brandstoff. Sein zeitlich späteres Verdampfen vergrößert die den Brandherd umschließende, luftabschneidende Gashülle. Ein weiteres Charakteristikum von Ceagol ist seine Löschintensität, die vergleichsweise dreimal größer ist als die von Tetra.

Bei kleineren, zahlreichen und im Raum verstreut montierten Leitungen, Schaltgeräten usw. haben sich die Ceagol-

Handlöcher bewährt, die dank der Intensität des Löschmittels klein gehalten werden konnten, deren Ventile den Löschstrahl durch Daumendruck freigeben und ihn unterbinden, wenn der Druck nicht mehr wirkt. Ein Handfeuerlöschgerät muß auch in größerem Abstand vom Brandherd brauchbar sein, eine Spritzweite bis zu 5 m kann notwendig sein, zumal wenn Schutzgitter oder andere Hindernisse einen Abstand voraussetzen.

In Parallelversuchen zeigte sich die Überlegenheit des Ceagols gegenüber Kohlendioxid. Es ist bekannt, daß letztere nur wirkt, wenn in dem Gasgemisch Kohlendioxid-Luft der Kohlendioxidanteil mindestens 20% beträgt, und daß ferner der Kohlendioxidstrahl durch die Expansion, proportional der Entfernung vom Brandherd, sich immer stärker verdünnt. Diese physikalischen Vorgänge erklären die gemessene Löschverzögerung bei Verwendung von Kohlendioxid gegenüber der von Ceagol bei gleichen Verhältnissen. Die höchstmögliche Steigerung der Schnelligkeit des Löschens ist aber eine Voraussetzung der Schadenverhütung. Löschschäden, wie sie durch Unterkühlen durch Kohlendioxid an Metallteilen entstehen können, die häufig zum Verziehen oder

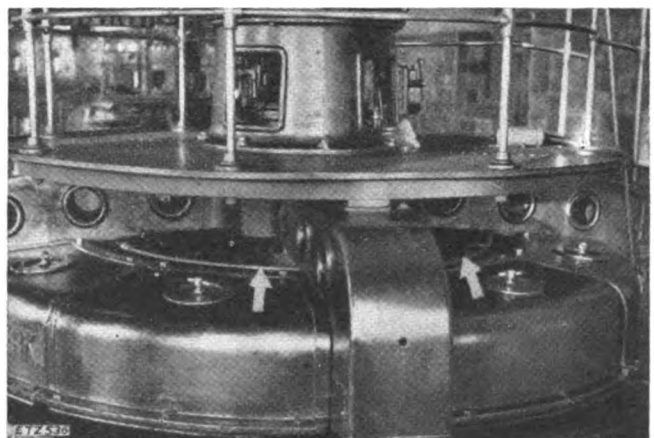


Bild 1. Löschdüsenrohr an der oberen Stirnseite eines Generators.

<sup>1</sup> Hersteller: Ceag-Concordia Elektrizitäts-AG., Dortmund.

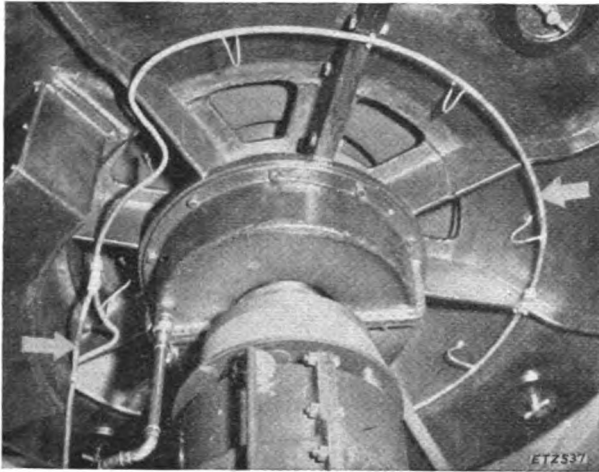


Bild 2. Teil der Zuleitung und Löschdüsenrohr an der unteren Stirnseite des Generators.

Reißen von Maschinenteilen führten, werden ebenfalls vermieden.

Vorstehendes gilt in noch stärkerem Maße für große Generatoren und Motoren. Durch die Arbeit der Kühlgebläse sind die physikalischen Verhältnisse für das Wirken der Kohlensäure ungünstig. Selbst wenn die Maschine abgeschaltet werden kann, was bei einem Entstehungsbrand nicht immer gewährleistet ist, hat sie eine größere Auslaufzeit. Die Kohlensäure wird durch die Kühlluft zu einem erheblichen Teil weggeblasen. Hat der Brand eine bestimmte Ausdehnung überschritten, reicht die Kohlensäuremenge leicht nicht aus, es sei denn, der ganze Raum kann mit Kohlensäure angereichert werden. Dies setzt bei größeren Räumen eine Anlage mit höheren Kosten voraus, von denen man eine Vorstellung gewinnt mit der Faustformel: 1 kg Kohlensäure für 1 m<sup>3</sup> Rauminhalt.

An größeren Maschinen haben sich stationäre Ceagol-Anlagen als zweckmäßig erwiesen. Sie werden von der Schaltwarte aus bedient, wenn die Maschinen von dort zu sehen sind. Die Löschdüsen werden z. B. am Stator befestigt und an alle feuergefährdeten Punkte geführt. Durch Öffnen der Flaschenventile wird die Anlage wirkungsvoll in Betrieb gesetzt; als Druckmittel dient Kohlensäure.

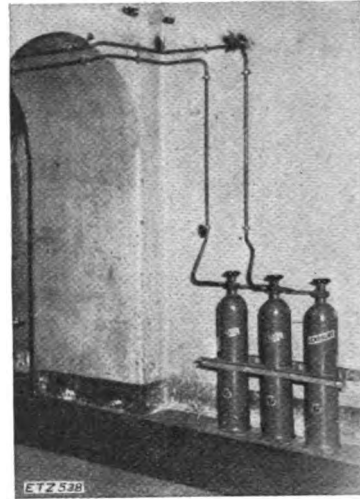


Bild 3. Löschanlage für einen Generator

Die in den Bildern 1 und 2 gezeigte Anlage für einen Generator besteht aus zwei Ceagolflaschen von je 12 kg, einer Kohlensäureflasche von 6 kg Inhalt, einigen Metern dünnen Rohrs und den Flaschenhaltern (Bild 3). Einfache Konstruktionselemente sorgen für große Betriebssicherheit. Außer erprobten Drehventilen zum Öffnen und Schließen der Flaschen ist kein Mechanismus vorhanden. Die Anlagen können auch selbsttätig durch Rauchmelder und Thermostaten bedient werden.

#### Zusammenfassung

Es wurden Handfeuerlöcher und stationäre Geräte für elektrische Anlagen entwickelt mit flüssigen Gasen als Löschmittel, deren Löschwirkung der von Kohlensäure überlegen ist. Löschschäden werden vermieden. Die Anlagekosten sind bei gleichen Voraussetzungen niedriger als die für Kohlensäureanlagen.

## Über die Konstruktion eines Kleinschalters

Von H. Rother, Tuttlingen

DK 621.314.5421

**Übersicht.** Im folgenden wird die Bauart eines dreipoligen Kleinschalters kurz beschrieben, der bemerkenswert ist wegen seiner Abmessungen und der erzielten Schaltleistung<sup>1</sup>.

Die Überlegungen, die zu dieser Konstruktion geführt haben, wurden weitgehend beeinflusst durch Fragen über den Aufwand an Rohstoffen, deren Beschaffung besonders bei der heutigen Wirtschaftslage erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Daher sollte vor allem die Forderung erfüllt werden, Nichteisenmetalle wie Messing möglichst sparsam zu verwenden und auch den Verbrauch an sonstigen Metallen und Isolierstoffen gering zu halten. Überdies mußten alle Bedingungen der „Vorschriften für Schalter bis 750 V, 60 A“ nach VDE 0632/XI. 46 (DIN 57632, Dez. 47) und der „Vorschriften für die Bemessung der Kriech- und Luftstrecken elektrischer Betriebsmittel“ nach VDE 0110/XII. 44 (DIN 57110, Dez. 47) eingehalten werden.

Der so entwickelte dreipolige Ausschalter für 380 V, 15 A ist in Bild 1 dargestellt, das durch den Vergleich mit dem danebengelegten Maßstab die kleinen Abmessungen erkennen läßt. Quer- und Längsschnitt in Bild 2 zeigen Aufbau und Anordnung der Einzelteile. Um ein einwandfreies Arbeiten der Kontakte zu gewährleisten, wurde der sonst bei Kipphebelschaltern vorzugsweise gewählte Rollenkontakt verlassen. An seine Stelle trat ein Abhebekontakt in Anlehnung an die bei Schaltschützen seit langer Zeit bewährte Kontaktgestaltung. Bild 2 zeigt im Längsschnitt die beiden mit den Anschlußklemmen vernieteten Kontaktfinger 1 und die bewegte sie verbindende Kontaktbrücke 2.

Das Kontaktmaterial ist Silber. Die Kontaktbrücken 2 sind in einem aus Preßstoff hergestellten Druckstück 3 gelagert. Um Längsverschiebungen der Kontaktbrücken zu verhindern, sind diese mit Aussparungen versehen, in welche entsprechend geformte Nasen des Druckstücks eingreifen. Druckstück und Kontaktbrücken werden durch die in Bild 2

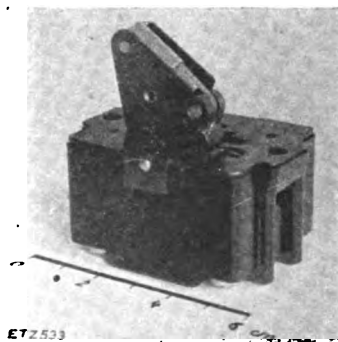
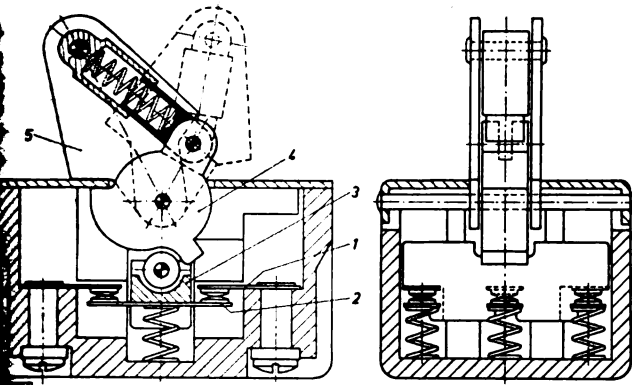


Bild 1. Ansicht eines dreipoligen Ausschalters für 380 V, 15 A.

erkennlichen Druckfedern gegen die Kontaktfinger gepreßt. Da das Druckstück in der Einschaltstellung gegenüber dem Druckhebel 4 ein geringes Spiel aufweist, werden die Kontaktbrücken gleichmäßig und sicher gegen die Kontaktfinger gedrückt. Zum Ausschalten wird das Druckstück mit Hilfe der beiden Schalthebel 5 und der in ihnen und dem Druckhebel 4 gelagerten und durch Hülsen geführten Feder in die nicht gezeichnete untere Lage bewegt. Die an der Führungskurve des Schalthebels 4 auftretenden Reibungsverluste werden durch eine im Druckstück 3 gelagerte Rolle klein gehalten, so daß auch bei hoher Schaltzahl geringer Verschleiß auftritt.

Es ist wichtig, daß die Schaltbewegung schnell und unabhängig von der Stellung des Schalthebels vor sich geht. Diese Forderung wird verwirklicht durch eine wie beim

<sup>1</sup> Hersteller: J. u. J. Marquardt, Rietheim über Tuttlingen, Wttbg.



1 Kontaktfinger, 2 Kontaktbrücke, 3 Druckstück, 4 Druckhebel, 5 Schalthebel

Bild 2. Längs- und Querschnitt des Schalters.

Ophebelhalter arbeitende Druckfeder, die sich zur Veränderung seitlicher Ausbiegung in zwei gegeneinander verschiebbaren Hülsen bewegt. Die beiden Hülsen sind drehbar um eine in den beiden Schalthebeln und dem Druckhebel vorgesehene Achse gelagert. Seitliche Anschläge bestimmen die Ein- und Ausschaltstellung eindeutig. Bei der Bewegung des Schalthebels 5 bleibt der Druckhebel zunächst unverändert in seiner Stellung liegen bis die Druckfeder so weit gespannt ist, daß sie bei Überschreiten der Knicklage beider Hebel den Druckhebel schlagartig in die Ausschaltstellung bewegt. Umgekehrt verläuft der Vorgang bei der Einschaltbewegung. Auf diese Weise werden blitzartige Kontaktgabe und schnelles Abschalten erreicht. Da lediglich Druckfedern verwendet werden, ist die Gefahr von Überbrüchen außerordentlich gering, so daß sich sehr hohe Schaltzahlen erreichen lassen.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Verhalten der Kontakte hinsichtlich des Abbrands, der Erwärmung und des Spannungsabfalls. Zur Prüfung der Erwärmung wurden bei der vorgeschriebenen Schaltleistung die Temperaturen an

den Kontakten mit Thermoelementen (Cu-Konst.) in Abhängigkeit vom Strom bis zum Beharrungszustand gemessen. In Bild 3 ist die so ermittelte Temperatur dargestellt. Die bei Nennstrom nach einstündiger Belastung sich einstellende Übertemperatur von 29,5 °C ist niedrig, ebenso wird die bei einstündiger Belastung mit dem 1,25fachen Nennstrom zulässige Übertemperatur von 45 °C nicht erreicht. Die Bedingungen für die Erlangung des VDE-Zeichens und des Schwedischen Prüfzeichens wurden erfüllt, so daß unabhängig von eigenen Messungen die oben angegebenen Werte von anderer Seite bestätigt werden konnten. Im Anschluß an diese Messungen wurde der Spannungsabfall an den Kontakten ermittelt. In diesem Falle wurde als Belastungsstrom ein Gleichstrom von 15 A gewählt und der Spannungsabfall nach einstündiger Belastung im Mittel mit 68 mV gemessen.

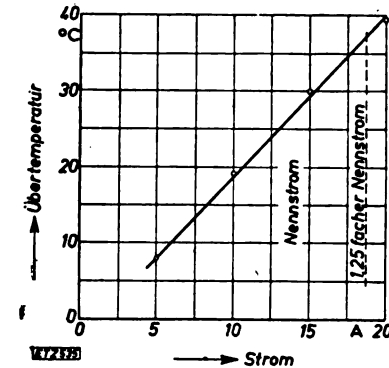


Bild 3. Übertemperatur an den Kontakten in Abhängigkeit vom Belastungsstrom.

Bemerkenswert ist vor allem der geringe Materialaufwand, mit dem die Schaltleistung von 380 V, 15 A erreicht worden ist. Das Gewicht der Fertigteile des Schalters beträgt an Messing insgesamt 18,5 g, an Eisen einschließlich der Druckfedern 32 g, an Preßstoff für Gehäuse und Zubehörteile 38 g. Diese Angaben lassen erkennen, daß im Vergleich mit vielen marktgängigen Typen die Möglichkeit einer sehr weitgehenden Materialeinsparung besteht. Die Konstruktion ist daher in besonderem Maße der Lage der deutschen Industrie angepaßt, die darauf angewiesen ist, mit geringem Aufwand an Rohmaterial brauchbare und den Forderungen der Praxis genügende Fabrikate zu erzeugen.

## Ohmmetrische Messung von Induktivitäten und Kapazitäten mit erheblichen Verlustwiderständen

Von C. Moerder, Karlsruhe

DK 621.317.33

**Übersicht.** Es werden graphische Mittel angegeben, welche die ohmmetrische Meßmethode auch für die Messung verlustbehafteter Induktivitäten und Kapazitäten brauchbar machen. Ein handliches Auswertegerät, die „RLC-Diagrammwalze“, wird geschildert, welche vor allem bei Vielfachmessern mit ohmmetrischer Meßeinrichtung beigegeben oder direkt über dem Zeiger eingebaut werden kann. Schließlich wird auf die Anwendungsmöglichkeiten für diese rasch durchführbaren technischen Widerstandsmessungen, vor allem die L- und L-Gangmessungen bei veränderlichem Meßstrom hingewiesen.

### 1. Die ohmmetrische Methode

Die Vielfachinstrumente zur Messung von Gleich- und Wechselströmen bzw. -spannungen, vor allem diejenigen amerikanischen Bauart, enthalten meist auch Meßmöglichkeiten für ohmsche Widerstände und Kapazitäten, seltener für Induktivitäten. Als Schaltung wird in der Regel die ohmmetrische Methode gewählt, bei der das Meßobjekt einfach in Reihe (oder parallel) zum Meßinstrument gelegt wird, nachdem zuvor mit einem Potentiometer, Nebenwiderstand oder magnetischen Nebenschluß am Instrument Vollausschlag bei der Spannung der Meßquelle eingeregelt worden war (Bild 1). Die Zuschaltung des Meßobjektes verändert den Ausschlag des Meßinstruments in gesetzmäßiger Weise, so daß eine Ohm-, Mikrofarad- oder Henryskala angeordnet werden kann, die letzteren bezogen auf eine normale Frequenz, z. B. 50 Hz. Der sich einstellende Meßstrom

ist dabei kein Maß für den Scheinwiderstand des Meßobjekts wie bei der Stromspannungsmethode, da er dem kombinierten Widerstand von Objekt und Meßinstrument entspricht. Bei nennenswerten ohmschen Spulenwiderständen oder Kondensatorverlusten gehen diese Realkomponenten der Widerstände in nicht einfach zu überblickender oder zu berechnender Weise vektorieil in die Messung ein. Mangels einer genügend einfachen Auswertungsmethode mußte ihr Einfluß bisher vernachlässigt werden. Man nahm aber die u. U. erheblichen Fehler in Kauf, da die Ohmmeterschaltung

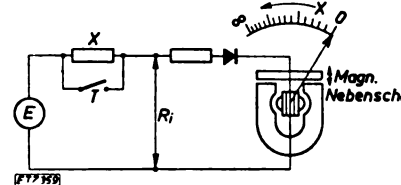


Bild 1. Normale Ohmmeter-Reihenschaltung mit einem Bereich.

der Stromspannungsmessung an Handlichkeit unbedingt überlegen ist: Sie erfordert keinerlei äußeren Schaltungsaufbau, nur den Anschluß des Meßobjekts und einer Spannungsquelle (die auch noch im Instrument selbst eingebaut sein kann). Sie kommt ohne Wechsel der Anschlüsse bei Verwendung nur eines Instruments aus. Schließlich gestattet sie bei Betriebsmessungen nach einmaliger Einrege-



lung der konstant vorauszusetzenden Quelle die mühelose Abtastung ganzer Reihen von Gleich- oder Wechselstromwiderständen mit direkter Anzeige des Wertes. Auch in der inneren Schaltung bestehen Vorteile, z. B. Einfachheit der Meßbereichumschaltung und ein außerordentlich großer Meßbereichumfang von sehr kleinen bis zu sehr hohen Werten. Es kann daher als ein Fortschritt bezeichnet werden, wenn die Ohmmetermethode nun auch für verlustbehaftete Wechselstromwiderstände erschlossen wird. In diesem Fall dürfen dann auch unbedenklich L-Meßbereiche vorgesehen werden, deren Brauchbarkeit bisher wegen der immer vorhandenen Spulenwiderstände umstritten war. Ferner wird die Messung von Elektrolytkondensatoren mit guter Annäherung möglich.

Die Fehler der bisherigen L-Messungen konnten bereits bei mittleren Spulenwiderständen ganz erheblich (100%!) werden. Eine Luftinduktivität von  $L = 1 \text{ H}$  mit  $R_L = 400 \Omega$  Wicklungswiderstand ergab bei Vernachlässigung des letzteren mit der Ohmmetermethode rd. 2 H (!). Ähnlich lagen die Fehler bei den Elektrolytkondensatoren.

**2. Anwendung des RLC-Diagramms und der „Diagrammwalze“ für die richtige Messung verlustbehafteter L und C**

Die richtigen L-Werte bei vorhandenem Verlustwiderstand  $R_L$  (Reihenwiderstand) und die richtigen C-Werte bei vorhandenem Verlustwiderstand  $R_p$  (Parallelwiderstand)

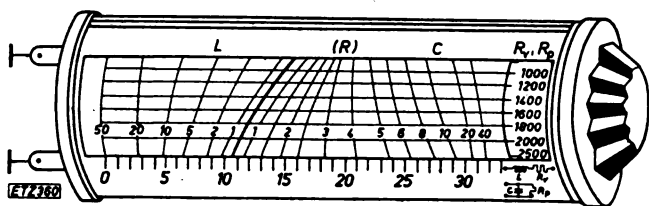


Bild 2. RLC-Diagrammwalze.

werden ermittelt durch das im folgenden beschriebene RLC-Diagramm. In der sog. „Diagrammwalze“ (Bild 2) wurde eine einfach zu handhabende Form für dessen Anwendung gefunden. Die feste Skalenleiste am Schlitz der Diagrammwalze entspricht der Skala des betr. Meßinstruments (s. Abschn. 5). Hier wird der erhaltene Ausschlag an Hand der auf der Walze jeweils eingestellten R-, L- oder C-Skala durch direkte Ablesung ausgewertet. Bei L- und C-Messungen werden zunächst die Verlustwiderstände  $R_L$  oder  $R_p$  durch eine Gleichstrommessung ermittelt — hierzu dient die Ohmskala der Walze; sodann wird die für die Induktivität oder Kapazität bei der darauffolgenden Wechselstrommessung geltende Skala dadurch eingestellt, daß man die Walze an Hand der am Diagrammrand befindlichen Leiter (s. Abwicklung Bild 3) bis zu dem betr.  $R_L$ - oder  $R_p$ -Wert dreht. Unter dem Zeigerausschlag erhält man auf dieser Skala bei 50 Hz dann direkt den gesuchten, richtigen L- oder C-Wert, der u. U. nur noch mit einem Meßbereichfaktor 10, 100 usw. (und bei anderer Frequenz mit einem Frequenzfaktor 50/f) zu multiplizieren ist. Ist ein Walzendiaagramm für einen Innenwiderstand  $R_i$  des Instrumentenkreises entworfen und vergrößert man letzteren z. B. auf den 100fachen Betrag, so ist der Meßbereichfaktor für die  $R_x$ -,  $R_L$ -,  $R_p$ - und L-Werte des Diagramms gleich 100, für die C-Werte 1/100. Im übrigen gilt das Diagramm unverändert (Meßbereichumschaltung!). Die Diagrammwalze stellt also sozusagen eine kontinuierliche Folge von L- und C-Skalen vom Verlustwiderstand  $R_L = 0$  oder  $R_p = \infty$  (reine Induktivität oder Kapazität) bis zu den praktisch höchstens vorkommenden  $R_L$ - und  $R_p$ -Werten dar.

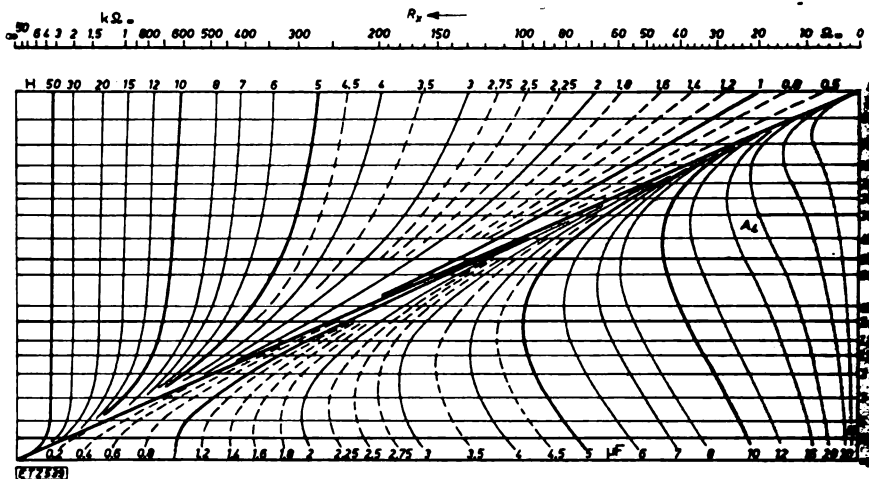


Bild 3. Abwicklung eines RLC-Walzendiaagramms zur exakten Bestimmung verlustbehafteter Induktivitäten und Kapazitäten.

Eine exakte Verlustwiderstandsmessung  $R_L$  auch bei eisenhaltigen Spulen ist in der Regel nicht vonnöten, soweit es sich um geblättrtes Eisen und technische Frequenz handelt. Bei großen Wicklungswiderständen kann der Eisenverlust stets gegen diese vernachlässigt werden und bei kleinen Verlustwiderständen spielt er keine große Rolle, da  $R_L$  gerade an der unteren Grenze nur schwach in den Verlauf des Scheinwiderstandes eingeht. Es genügt daher meist, den Kupfer- oder Gleichstromwiderstand zu messen. Abgesehen von den auf diese Weise gemachten kleinen Fehlern bei der  $R_L$ - (oder  $R_p$ -) Bestimmung ist im übrigen die L- und C-Messung völlig exakt, da sie auf einem genau mathematisch abgeleiteten Ortsdiagramm beruht.

Während bei Luftdrosseln nur ihr stets großer Wicklungswiderstand berücksichtigt werden muß, tritt bei Luftspalt- und Eisendrosseln die Abhängigkeit des L-Wertes vom dem erregenden Strom  $I_L$  hinzu. Hier ist wieder eine günstige Eigenschaft der Ohmmeter-Reihenschaltung, daß  $I_L$  identisch ist mit dem Strom des Instruments;  $I_L$  kann also aus dessen Ausschlag ohne nachträgliche Herausnahme des Instruments oder andere Kunstgriffe direkt abgelesen werden, so daß für eindeutige Zuordnung des gemessenen Wertes gesorgt ist. Darüber hinaus werden in einem späteren Aufsatz einfache Mittel angegeben werden, um den Meßstrom  $I_L$  um Größenordnungen beim gleichen L verändern oder sogar auf vorgeschriebene Werte einstellen zu können. Dann ist auch der Gang der Induktivität abhängig vom Strom mit Leichtigkeit meßbar. Für die Messung des Ganges genügen auch fast immer die mit der Ohmmetermethode erzielbaren technischen Genauigkeiten.

Die Genauigkeit der L- und C-Messung hängt naturgemäß vorwiegend von der Genauigkeit der verwendeten Gleich- oder Wechselstrominstrumente und der Frequenzmessung ab. Mit einem Instrument der 1%-Klasse erzielt man in der Skalenmitte etwa auf 2,5% genaue L- und C-Werte. Die Netzfrequenz pflegt in guten Netzen genau konstant zu sein, höhere Sommerfrequenzen sind leicht genau gemessen. Hinsichtlich des Oberwelleneinflusses sind ohmmetrische Messungen, vor allem R- und L-Messungen, günstiger als reine Strom- oder Spannungsmessungen, da die Anzeigeänderungen des Instruments durch Oberwelligkeit bei der Bezugnahme auf den ebenso veränderten Vollausschlag praktisch wieder herausfallen. An der oberen Meßgrenze, wo sich die Widerstandsskala drängt, wirken sich die Abweichungen des Instruments, wie bei jeder Ohmmetermethode, verstärkt aus. Gerade hier erschließt aber die Diagrammwalze eine unter 4. beschriebene Verbesserung der Messung an der oberen Grenze liegender C. Ferner ermöglicht die in dem späteren Aufsatz zu besprechende abgewandelte Ohmmeterschaltung immer eine Messung im günstigen Mittelbereich.



3. Die Grundlagen des RLC-Diagramms

Die Ersatzschaltung für das Ohmmeter bei der Messung einer Induktivität mit Verlusten zeigt Bild 4, bei der Messung einer Kapazität mit Verlusten Bild 5. Die punktweise Berechnung des Instrumentenstromes und -ausschlags mit  $R_i$  oder  $R_p$  als Parameter gestaltet sich namentlich im letzteren Fall äußerst langwierig. Dagegen erwies es sich als mög-

Bild 4. Ersatzschaltung für das Ohmmeter bei Messung einer verlustbehafteten Induktivität.

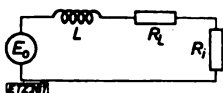
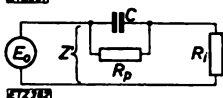


Bild 5. Ersatzschaltung für das Ohmmeter bei Messung einer verlustbehafteten Kapazität.



lich, mit Inversion ein aus zweimal drei Kreisbogen-scharen bestehendes Diagramm zu gewinnen (Bild 6), aus dem durch Übertragung oder konforme Abbildung weitere, leichter abzulesende Diagramme gewonnen werden können, insbesondere das in Bild 3 dargestellte „Walzendigramm“.

Auf dem Durchmesser dieses Kreisdiagramms ist die rein ohmischen Widerständen  $R_x$  entsprechende Leiter

$$a_R = \frac{1}{1 + R_x/R_i} D \quad (1)$$

aufgetragen, wobei  $D$  der gewählte Kreisdurchmesser,  $a_R$  die Entfernung des betreffenden Teilpunktes vom Punkt  $R_x = \infty$  (Anfangspunkt der Skala) und  $R_i$  der innere Widerstand des Instrumentenkreises einschließlich eines etwa angeordneten Potentiometers ist. Der über  $D$  geschlagene Halbkreis gehört zu den reinen  $L$ - (obere Halbebene!) oder  $C$ -Werten (untere Halbebene!). Die vom Anfangs- oder Endpunkt der  $R_x$ -Skala bis zu einem  $R_x$ -Punkt geschlagenen Halbkreise (1. Schar) entsprechen Induktivitäten mit einem Vorwiderstand  $R_L$  gleich diesem  $R_x$  oder Kapazitäten mit einem Parallelwiderstand  $R_p$  gleich diesem  $R_x$ . Die Halbkreise tragen diese Verlustwiderstände als Parameter angeschrieben. Die Ausschläge  $a_L$  und  $a_C$  für die  $L$ - oder  $C$ -Messung werden vom Anfangspunkt als Pol gemessen, entsprechen also den um diesen Punkt geschlagenen „Ablesekreisen“ (2. Schar). Die konstanten  $L$  oder  $C$  entsprechenden Skalenpunkte liegen auf gestrichelt eingezeichneten Kreisbögen (3. Schar), deren Mittelpunkte auf einer Senkrechten zum Durchmesser im Anfangspunkt oder Endpunkt der  $R_x$ -Skala liegen. Der Mittelpunktsabstand eines Henrykreises mit dem Parameter  $L_x$  von  $R_x = \infty$  ist:

$$m_H = \frac{R_i}{2\omega L_x} D. \quad (2)$$

Der Radius des Henrykreises ist gleich  $m_H$ . Sämtliche Henry-

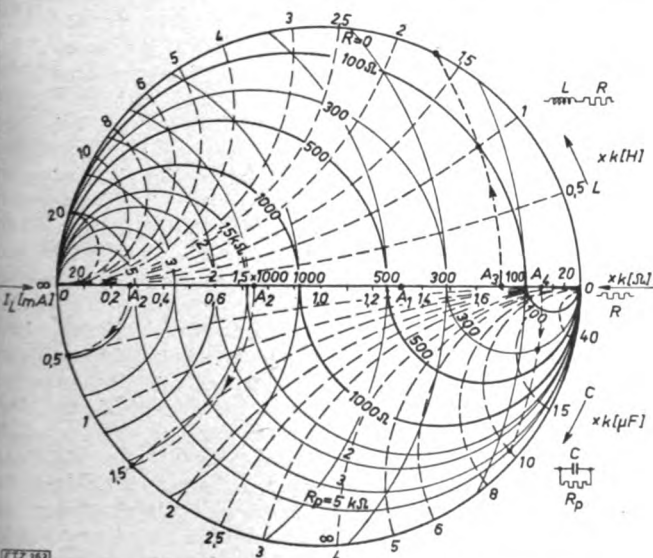


Bild 6. RLC-Kreisdiagramm (für anderen Instrumentenwiderstand als Bild 3).

kreise gehen also durch den Anfangspunkt ( $R_x = \infty$ ). Eine gute Kontrolle für die Genauigkeit der Henrykreise ist, daß der im Abstand  $2m_H$  auf der Senkrechten über  $R_x = \infty$  gelegene Punkt  $P_H$  mit dem Endpunkt der  $R_x$ -Skala ( $R_x = 0$ ) verbunden werden kann durch eine Gerade, die den für reines  $L$  geltenden äußeren Halbkreis ( $R_L = 0$ ) ebenfalls genau im betreffenden  $L_x$ -Punkt schneiden muß. Eine zweite Kontrolle ist, daß der Punkt  $P'_H$  auf einer im Endpunkt der  $R_x$ -Skala ( $R_x = 0$ ) errichteten Senkrechten zur  $R_x$ -Skala im Abstand

$$a'_H = \frac{\omega L_x}{R_i} D \quad (3)$$

ebenfalls durch eine Gerade mit dem Anfangspunkt  $R_x = \infty$  verbunden werden kann (Inversionsstrahl), die den Halbkreis  $R_L = 0$  wieder im zugehörigen  $L_x$ -Punkt schneiden muß.

Der Mittelpunktsabstand eines Faradkreises mit dem Parameter  $C_x$  vom Endpunkt  $R_x = 0$  der  $R_x$ -Skala ist:

$$m_C = \frac{D}{2\omega C_x R_i}. \quad (4)$$

Der Radius des Faradkreises ist gleich  $m_C$ . Sämtliche Faradkreise gehen also durch den Endpunkt  $R_x = 0$ . Eine gute Kontrolle für die Genauigkeit der Faradkreise ist, daß der im Abstand  $2m_C$  auf der Senkrechten über  $R_x = 0$  gelegene Punkt  $P_C$  mit dem Anfangspunkt  $R_x = \infty$  verbunden werden kann durch eine Gerade (Inversionsstrahl), die den für reines  $C$  geltenden äußeren Halbkreis ( $R_p = \infty$ ) ebenfalls genau im betreffenden  $C_x$ -Punkt schneiden muß. Für kleine  $C_x$  kann man benutzen, daß in 1. Annäherung die Strecke  $a_{C\infty}$  (Anfangspunkt  $R_x = 0 \dots$  Punkt  $C_x$ ) auf dem äußeren Halbkreis gleich ist:

$$a_{C\infty} = R_i \omega C_x D \text{ (nur für kleine } \omega C D \text{)}. \quad (5)$$

Auf diese Weise sind die Punkte der  $L$ - und  $C$ -Skalen sehr genau festgelegt. Es sind folgende Ablesebeispiele in das Kreisdiagramm (Bild 6) eingetragen:

- a) Eine reine Kapazität ergab einen 50 Hz-Ausschlag  $A_2$ . Dem Ablesekreis folgend ergibt sich  $C_x = 1,5 \mu F$  am äußersten Halbkreis ( $R_p = \infty$ ) der unteren Ebene.
- b) Eine Induktivität mit  $R_L = 100 \Omega$  ergab einen 50 Hz-Ausschlag  $A_3$ . Der Ablesekreis schneidet den einem Verlustwiderstand  $R_L = 100 \Omega$  entsprechenden Halbkreis bei  $L = 1 H$  in der oberen Halbebene. Bei vernachlässigtem Spulenwiderstand (Kreis  $R_L = 0$ ) hätten sich fälschlich 1,7 H ergeben.

Bei 5000 Hz statt 50 Hz Meßfrequenz gilt das gleiche Diagramm mit 100mal kleineren  $L$ - und  $C$ -Werten (Meßbereichfaktor  $K = 1/100$ ).

Bei den obigen Ablesungen ergäbe sich unter a)  $0,015 \mu F$ , unter b)  $10 mH$  für  $R_L = 100 \Omega$ .

Das Kreisdiagramm gilt für „entzerrte“ Skala. Es sind jeweils die Spannungswerte des Instruments in Beziehung zu setzen zu den Abszissenwerten (Ablesekreisen) des Kreisdiagramms. Das daraus zu gewinnende Walzendigramm kann dann natürlich für jede beliebige Skalenform entworfen werden, z. B. zur Anordnung unmittelbar über dem Zeiger (siehe Abschn. 5) oder für logarithmische Auftragung, so daß auch sehr kleine  $a_x$  (große  $X$ ) noch genau ablesbar werden.

Sehr zweckmäßig bei getrennter Anordnung von Walze und Instrument ist die Beschriftung der Skalenleiste in Quotientenwerten  $q = a_x/a_0$ ;  $a_x$  ist der Ablesewert bei eingeschaltetem  $X$  und  $a_0$  derjenige bei kurzgeschlossenem (oder entferntem)  $X$ . Normalerweise wird  $a_0$  der Vollausschlag sein. Wichtig für eine im späteren Aufsatz gebrachte Anwendung (Einstellung eines vorgeschriebenen Meßstromes bei  $L$ -Messungen) ist die unveränderte Gültigkeit des Diagramms und der Ohmleiter abhängig von  $q$ , auch wenn  $a_0$  nicht Vollausschlag ist, unter der üblichen Voraussetzung konstant bleibender Meßspannung  $U$  bei der  $a_0$ - und der darauffolgenden  $a_x$ -Messung (Auswertung von  $q$  mit Rechenschieber, wie z. B. beim UVA von der Fa. Gossen).



Bild 7. Widerstandsdiagramm zu Bild 5.

#### 4. Verbesserte ohmmetrische Messung an der oberen Grenze liegender $C_x$ -Werte durch Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes

Die besonderen Phasenverhältnisse in dem aus  $R_i$ ,  $C_x$  und  $R_p$  bestehenden Kombinationswiderstand bringen es mit sich, daß der Betrag  $|Z|$  desselben unter gewissen Umständen bei vorhandenem Parallelwiderstand  $R_p$  größer ausfällt als bei  $R_p = \infty$  (reine Kapazität in Reihe mit  $R_i$ , siehe Bild 7). Dies prägt sich im Walzendiagramm in der Weise aus, daß die Farad-Kurven auf der rechten Diagrammseite erst nach links verlaufen, ehe sie sich dem gemeinsamen Endpunkt bei  $R_p = 0$  nach rechts zuwenden. Die Ordinate bei  $C = \infty$  entspricht kurzgeschlossenem Meßwiderstand, also Vollausschlag. Je weiter links der Skalenpunkt auf der Faradkurve liegt, desto größer ist bei der Einschaltung des Meßlings  $C_x$  der Ausschlagsrückgang, desto genauer die Messung. Bei einem Kathodenkondensator von  $20 \mu\text{F}$  mit einem Kathodenwiderstand  $R_p = 300 \Omega$  wäre es bei der Ohmmetermethode und vorliegendem Diagramm geradezu schädlich, den Widerstand auszulöten, da sich mit ihm ein deutlicher Ausschlagsrückgang auf  $A_4$ , ohne ihn nur ein etwa viermal kleinerer Rückgang entsprechend dem  $20 \mu\text{F}$ -Punkt auf der untersten Diagrammabszisse ( $R_p = \infty$ ) ergibt.

Für die an der oberen Grenze liegenden  $C$ , hier oberhalb  $1/\omega C = 300$ , ergibt sich also die Konsequenz, daß die Messung durch Parallelschaltung eines künstlichen Verlustwiderstandes merklich verbessert werden kann. Letzterer bestimmt sich in allen Meßbereichen nach der Faustformel

$$R_p = 1,25 \cdot 10^6 / \omega C \quad [C \text{ in } \mu\text{F}, R_p \text{ in } \Omega]. \quad (6)$$

#### 5. Ausführungsformen der Diagrammwalze und erzielbare Meßbereiche

Die Diagrammwalze (Bild 2) ist nach vorigem ein sehr einfaches Rechengesetz, das die ohmmetrische Messung von Induktivitäten und von verlustbehafteten (oder an Parallelwiderstände angebauten) Kondensatoren überhaupt erst erschließt. Das Diagramm auf dem Walzenumfang gilt bei gleichem Innenwiderstand des Instruments für alle Skalenformen, ist also insbesondere unabhängig von fertigungsmäßig bedingten Schwankungen der Skala. Die Skalenleiste trägt die entzerrte (Volt-)Skala. Bei gleichem Innenwiderstand des Gleichstrom- und Wechselstrommeßwerks kann die Ohmleiter z. B. sowohl für die lineare Gleichstromskala, als auch für die gedrängte Wechselstromskala verwendet werden.

Die Walze in ihrer einfachsten Form (Bild 2) kann jedem Vielfachinstrument beigegeben werden, das Einrichtungen für ohmmetrische Messungen bei Gleich- und Wechselstrom besitzt. (Daß für letztere u. U. der Einbau nur eines dreipoligen Tasters, zweier Widerstände und ein bis zweier Klemmen genügt, wird ebenfalls der angezeigte spätere Aufsatz bringen.)

Eine weitere Variante ist der Einbau der Walze und der Widerstandsmeßeinrichtungen in einen RLC-Zusatz, der an die Spannungsklemmen und (oder) einige Buchsen eines sonst allein Strom- und Spannungsmessungen dienenden Instruments angesteckt werden kann. Im hohlen Körper der Walze kann u. U. eine Meßquelle (Rundbatterie, Summer . . .) untergebracht werden.

Eine dritte Möglichkeit, bei der die Übertragung der Meßgröße vom Instrument auf die Walzenleiste entfällt, ist die direkte Anordnung der Diagrammwalze über dem Zeiger, wozu die modernen Kernmagnet-Meßwerke genügend Platz zu lassen pflegen. Die Verlängerung der Skalenstriche des Instruments an Anfang und Ende führt zu einer günstigen Auflockerung der hier gedrängten Partien des RLC-Diagramms, was die Ablesbarkeit weiter verbessert.

Die erzielbaren Meßbereiche wurden für einige der bekannten Vielfachinstrumente durchgerechnet. Für ein Instrument mit  $333 \Omega/\text{V}$ ,  $6 \dots 150$  (600) V,  $3 \text{ mA}$ ,  $50 \dots 5000 \text{ Hz}$ , lassen sich Widerstände zwischen  $40 \Omega$  und  $2,5 \text{ M}\Omega$  ( $10 \text{ M}\Omega$ ), Kapazitäten zwischen  $0,005 \mu\text{F}$  und  $180 \mu\text{F}$ , Induktivitäten zwischen  $5 \text{ mH}$  und  $190$  (760) H messen; die Verlustwiderstände können zwischen  $20$  und einigen  $10\,000 \Omega$  liegen.

Mit einem Ansteck-Nebenschluß erweitert sich der Widerstandsmeßbereich nach unten auf  $0,8 \Omega \dots 2,5$  (10)  $\text{M}\Omega$ , Induktivitätsbereich nach unten auf  $0,1 \text{ mH} \dots 190$  (760) H. Kapazitätsbereich nach oben auf  $0,005 \dots 9000 \mu\text{F}$ .

Für ein Instrument mit  $100 \text{ mV}$ ,  $1,2 \text{ mA} = 833 \Omega/\text{V}$  oder  $6 \text{ V}$ ;  $1,2 \text{ mA} \sim$  einschließlich eines Shunts für  $240 \text{ mA}$  ließen sich bei Quellenspannungen zwischen  $4$  und  $120$  (600) V oder  $6 \text{ V}$ ,  $50 \dots 10\,000 \text{ Hz}$  Widerstandsmessungen zwischen  $2 \Omega$  und  $5$  (25)  $\text{M}\Omega$ , Kapazitätsmessungen zwischen  $250 \text{ pF}$  und  $60$  (100)  $\mu\text{F}$  und Induktivitätsmessungen zwischen  $12 \text{ mH}$  und  $4000 \text{ H}$  verwirklichen.

Die Firma Ruhstrat, Göttingen, erreicht bei  $4 \text{ V}$  oder  $220 \text{ V}$  Netzanschluß (Gleich- oder Wechselspg.) bisher im Instrument „Ruskavo“ die Meßbereiche  $20 \Omega \dots 1 \text{ M}\Omega$ ,  $0,0015 \dots 20$  (50)  $\mu\text{F}$  und  $10 \text{ mH} \dots 2500 \text{ H}$ , wird dieselben aber noch erweitern. Sie benutzt ein Tafeldiagramm ähnlich Bild 3, in das die Skalenstriche des Instruments noch als Ordinaten eingetragen sind.

Die geschilderten RLC-Messungen haben ihr Hauptanwendungsgebiet in der Fernmelde- und Rundfunktechnik, bei denen bekanntlich Widerstände, Kondensatoren und Drosseln der verschiedensten Größenordnungen häufig zu messen sind. Rasche und einfache Handhabung ist hier wesentlicher, als hohe Genauigkeit. In der Apparatechnik können Kleintransformatoren und Relaispulen auf ihre Windungszahl, die infolge des sehr verschiedenen Drahtquerschnittes der Wicklungen bisher nur sehr unvollkommen mit dem Leitungsprüfer zu messen war, mit der Diagrammwalze durch L-Messungen wesentlich sicherer geprüft werden. Die Messung des L-Wertes und seines strombedingten Ganges bei Luftspaltdrosseln, z. B. für Spannungsgleichhalter u. ä., ist ein weiteres Anwendungsgebiet. In der Fertigung kann weiterhin der Abgleich von Drosseln für Leuchtstoffröhren und der Vor- oder Grobgleich von Resonanzdrosseln in Betracht kommen. Auf dem kapazitiven Gebiet wurde die Meßbarkeit von Kathodenkondensatoren im Einbauzustand und von Elektrolytkondensatoren bereits erwähnt. Laboratorien und Schulen dürften eine Reihe weiterer Anwendungen wissen.

#### Zusammenfassung

Zur Erschließung der exakten Messung verlustbehafteter Induktivitäten und Kapazitäten für die Ohmmetermethode, welche bisher nur fehlerhaft unter Vernachlässigung der Verluste arbeiten konnte, wird über ein neues RLC-Diagramm berichtet. Wenn man mittels einer Gleichstrommessung o. a. den Verlustwiderstand  $R_L$  bzw.  $R_p$  wenigstens angenähert bestimmt, so kann man den bei einer darauffolgenden ohmmetrischen Wechselstrommessung erhaltenen Ausschlag für jedes  $R_L$  oder  $R_p$  im Diagramm direkt in Henry oder Mikrofarad auswerten. Bei dekadischer Meßbereichumschaltung bleibt das Diagramm mit einem entsprechenden Meßbereichfaktor gültig und erfaßt daher sehr weite Bereiche. Für die praktische Anwendung wird als besonders handlich und einfach ablesbar eine Diagrammwalze beschrieben, die am seitlichen Diagrammrand eine  $R_L$  bzw.  $R_p$ -Leiter trägt und jeweils bis zu dem betr. Verlustwiderstand gedreht wird. Die L-, C- oder R-Werte liest man auf dem im Walzenfenster sichtbaren Diagrammfeld an einer Skalenleiste oder bei Aufbau über der Instrumentenskala selbst direkt am Zeiger ab. Die Walze kann auch die Ohmskala für die Gleichstrommessung und weitere Skalen (Dezibel, Power) tragen. Die Berechnung des Walzendiagramms wird gezeigt. In einem weiteren Abschnitt wird nachgewiesen, daß große C-Werte ohmmetrisch genauer gemessen werden können bei Anlegen eines künstlichen Verlustwiderstandes (z. B. Nichtauslöten des Kathodenwiderstandes).

# Die Strömungslöschkammer und ihre Anwendung im ölarmen Druckausgleichschalter

Von Hermann Hohm und Erwin Maaß, Frankfurt a. M.

DK 621.316.54.064.25

**Übersicht.** Unter Ausnutzung der guten Löscheigenschaften des Oles wurde der moderne Druckausgleichschalter entwickelt. Die Schaffung von geeigneten Strömungslöschkammern gestattete eine wesentliche Senkung der Schalterarbeit sowie einwandfreie Bewältigung des Abschaltvorganges. Von der als bekannt vorausgesetzten einfachen Strömungslöschkammer ausgehend wird auf die als Weiterentwicklung zu betrachtende Ringspalt-Strömungslöschkammer näher eingegangen. Die durch Anwendung solcher Löschkammern entstandenen Bauformen von Schaltern sind weiterhin erläutert.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist die Auftrennung eines Stromkreises mit einem Lichtbogen in dem öffnenden Schaltgerät verbunden. Die Energie dieses Lichtbogens, die bei Hochspannung eine beträchtliche Höhe erreicht, hat das Schaltgerät als Schalterarbeit zu bewältigen. Aufgabe des modernen Schalterbaues muß es daher sein, diese Schalterarbeit klein zu halten. Da der Strom im Schalter nicht beeinflußt werden kann, sind die beiden anderen Faktoren der Schalterarbeit, Lichtbogenspannung und insbesondere Lichtbogendauer, auf niedrigere Werte zu bringen. Diesen Zweck erfüllt beim Schalter mit flüssigem Löschmittel und selbst erzeugter Löschröschung die Löschkammer, die damit als das entscheidende Bauteil des modernen Flüssigkeitsschalters anzusehen ist.

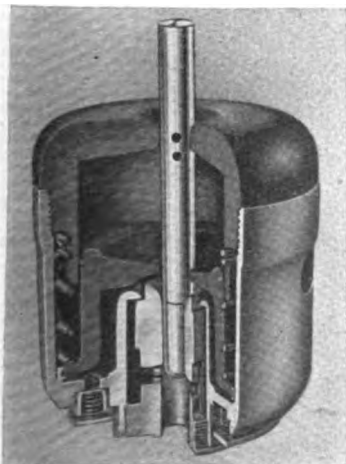
Die Voigt & Haefner AG., Frankfurt a. M. entwickelte hierfür 1934 die bekannte Ölströmungs-Löschkammer, deren Aufbau aus Bild 1 hervorgeht. Bei der Kontakttrennung verdampft der entstehende Lichtbogen einen Teil des Oles in der geschlossenen Kammer und erzeugt somit in ihr einen Druck. Dadurch wird der zentrisch um die Kontakttulpe gelagerte Differentialkolben nach oben in Bewegung gesetzt, was eine nach unten gerichtete axiale Ölströmung zur Folge hat. Diese kühlt und entionisiert die sogenannte Restsäule des Lichtbogens beim Stromnulldurchgang. Die Wirksamkeit dieses Strömungsvorganges ist so groß, daß auch bei hohen Kurzschlußströmen nach 1,5 Halbwellen der Löschröschung innerhalb der Kammer mit Sicherheit beendet ist. Für Betriebsspannungen von 10 ... 30 kV beträgt dabei die maximale Lichtbogenlänge etwa 30 mm.

Von Bedeutung ist der beim Schalten innerhalb einer geschlossenen Kammer entstehende Kontaktbrand. Er fällt nicht ins Gewicht, wenn man dafür sorgt, daß der Licht-

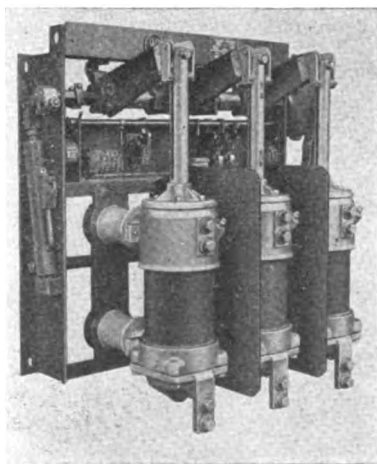
bogen den Stift nicht einseitig sondern gleichmäßig zentrisch wegbrennt. In der Strömungs-Löschkammer wird dies erzwingen durch eine zentrische Längsbohrung im unteren Stifteende, die in zwei Querbohrungen ausläuft. Beim Löschröschungsvorgang tritt durch diese Bohrung Öl und Gas aus der Kammer aus, wodurch der Lichtbogen-Fußpunkt an die Schaltstiftspitze gefesselt und infolge der intensiven Bepflüchtigung in rotierende Bewegung gebracht wird.

Die besprochene Löschkammer wurde für mehrere Stromgrößen entwickelt und wird je nach der verlangten Kurzschlußleistung in verschiedenen Bauarten von ölarmen Druckausgleichschaltern angewendet. Mit ihr wurden neuerdings auch die einfachen Wandschalter der Reihen 10 ... 30 ausgerüstet und damit auf eine Abschaltleistung von 200 MVA gebracht. Einen derartigen Schalter für Reihe 10 und 600 A Nennstrom zeigt Bild 2. Die Strömungs-Löschkammern befinden sich innerhalb der Hartpapierzylinder am unteren Ende, umgeben von einer geringen Ölmenge. Diese Schalter werden mit Gestängeantrieb ausgerüstet, wahlweise hand-, motor- oder druckluftbetätigt.

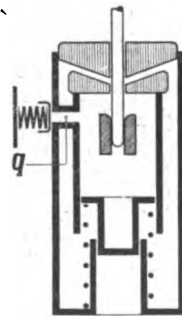
Bei sehr großen Abschaltströmen ist die erzielbare Ölströmung in der besprochenen Kammer nicht mehr ausreichend. Daher erfolgte eine Weiterentwicklung zur Ringspalt-Strömungslöschkammer, deren Wirkungsweise anhand des in Bild 3 dargestellten schematischen Aufbaues erläutert werden soll. Wenn der Schaltstift die feststehende Kontakttulpe verläßt, entsteht ein Lichtbogen, der einen Teil des in der Kammer befindlichen Oles verdampft und somit Druck in der geschlossenen Kammer erzeugt. Gegen unzulässige Überdrücke schützen seitlich angeordnete Kugelventile. Im Gegensatz zur normalen Kammer befindet sich hier unterhalb der Kontakttulpe der Differentialkolben. Er ist durch Kolbenringe gegen die Laufflächen gut abgedichtet. Die dem Druck ausgesetzte Fläche des Kolbens ist oben größer als unten, so daß der Kolben eine Bewegung nach unten gegen die Kraft einer Rückholfeder ausführen muß. Der Kolben drückt das im Raum der Rückholfeder befindliche Öl durch vertikale Kanäle nach oben und dann durch eine Ringdüse hindurch in den eigentlichen Lichtbogenraum. Infolge des mit hoher Geschwindigkeit quer in die Licht-



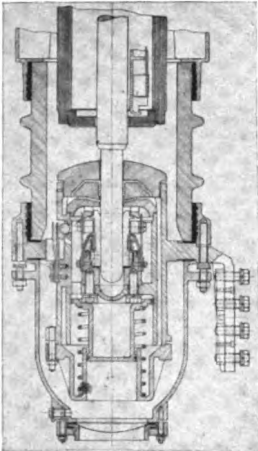
ETZ 558  
Bild 1. Normale Strömungslöschkammer 600 A.



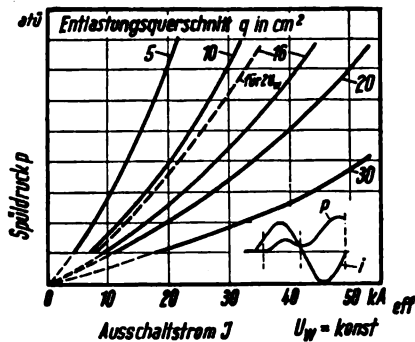
ETZ 559  
Bild 2. Druckausgleichschalter LAM für Wandanbau Reihe 10, 600 A, 200 MVA mit einfachen Strömungslöschkammern.



ETZ 560  
Bild 3. Schematischer Aufbau der Ringspalt-Strömungslöschkammer.



ETZ 561  
Bild 4. Schnitt durch die Ringspalt-Strömungslöschkammer 2000 A.



ETZ 562  
Bild 5. Druck-Stromkurven der Ringspalt-Strömungslöschkammer.



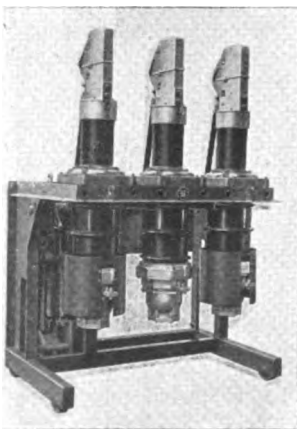
ETZ 563  
Bild 6. Druckausgleichschalter LAD, Reihe 10, 2000 A, 600 MVA mit Ringspalt-Strömungslöschkammer.

bogenbahn gepreßten frischen Oles wird die sich ausbildende Gasblase zu einem Gaskanal deformiert, was bewirkt, daß die wärmeentziehende Flüssigkeitshülle eng an die Lichtbogenbahn gedrückt bleibt. Den Wärmeentzug begünstigt außerdem die hohe Wärmeleitfähigkeit des Wasserstoffgases, in dem der Lichtbogen brennt. Das Eindringen von relativ kalten Gas- und Flüssigkeitsteilchen in die Lichtbogen-Restsäule während des Stromnulldurchganges erzielt durch die starke Kühlung und Entionisierung schnellste elektrische Verfestigung der Schaltstrecke gegenüber der wiederkehrenden Spannung. Auch hier wird bei größten Abschaltströmen eine Lichtbogendauer von maximal 1,5 Halbwellen erzielt.

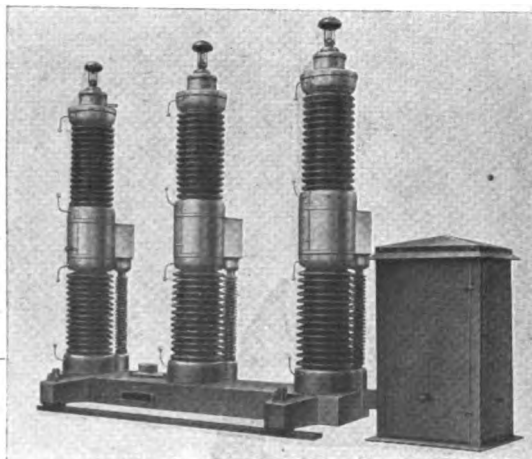
Dieses Kammerprinzip ermöglichte infolge seiner ausgezeichneten Löscheigenschaften, eine Löschkammer für 2000 A Nennstrom bei noch recht erträglichen Abmessungen zu entwickeln. Aus Bild 4 geht der Aufbau dieser Kammer hervor, die für einen Schalter Reihe 10, 600 MVA Abschaltvermögen angewendet wird. Die auftretenden Druckbeanspruchungen konnten durch einen metallischen Aufbau der ganzen Kammer beherrscht werden. Lediglich, der obere Kammerdeckel mit dem Ringdüsenystem besteht aus Isolierstoff. Nach der Lichtbogenlöschung verläßt der Schaltstift vollends die Kammer und erreicht in seiner Endlage einen spannungssicheren Abstand zum Gegenkontakt. Die erforderliche Schaltgeschwindigkeit liegt wegen der geringen Löschdistanz, die dieses Löschrinzip aufweist, niedrig, was den Vorteil geringer mechanischer Beanspruchung der bewegten Schalterteile und erschütterungsarmes Schalten mit sich bringt.

Für die konstruktive Durchbildung derartiger Strömungslöschkammern ist die Kenntnis der Druckbeanspruchung durch den Kurzschluß-Lichtbogen von größter Bedeutung. Nur gründliche experimentelle Untersuchungen von Kammeranordnungen im V & H-Versuchsfeld, insbesondere die Aufnahme von Druck-Stromkurven, vermochten die für die Weiterentwicklung erforderlichen Unterlagen zu schaffen. Bild 5 gibt einige solcher Druck-Stromkurven wieder. Unten rechts im Diagramm ist der Druckverlauf  $p$  in der Kammer dargestellt, gemessen mit Piezodruckdose. Die in den Druck-Stromkurven aufgetragenen Spüldruckwerte  $p$  stellen den in der Löschhalbwelle aufgetretenen Höchstwert dar, die Stromwerte  $I$  den Effektivwert der gleichen Löschhalbwelle. Man erkennt, daß der Druck etwas mehr als proportional mit dem Strom zunimmt. Solche Kurven wurden zur Untersuchung der verschiedenen Einflüsse, wie Differentialverhältnis des Kolbens, Düsendurchmesser, Düsenneigung und Entlastungsquerschnitt, ermittelt. In der Darstellung ist der Querschnitt  $q$  des Entlastungsventils als Parameter gewählt. Der bedeutende Einfluß dieser Größe ist gut erkennbar.

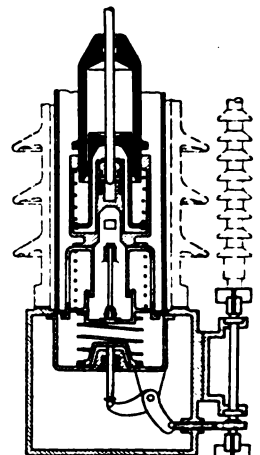
Aus Versuchen ergab sich auch die wichtige Erkenntnis, daß die Löschung wenig abhängig von der wiederkehrenden Spannung ist. Der Grund liegt in der bereits erörterten, für dieses Löschrinzip kennzeichnenden schnellen Verfestigung der Schaltstrecke. Das Diagramm Bild 5 enthält für den Entlastungsquerschnitt  $q = 16 \text{ cm}^2$  eine zweite gestrichelte Kurve. Sie ist gegenüber der ausgezogenen Kurve mit verdoppelter wiederkehrender Spannung aufgenommen. Daraus geht hervor, daß der Spüldruck nur etwa mit



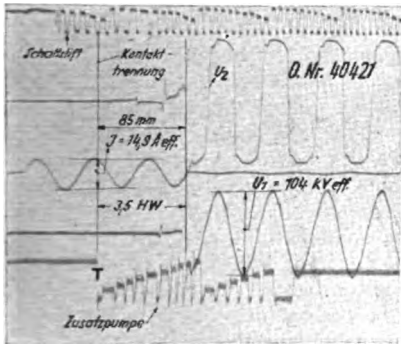
ETZ 564  
Bild 7. Druckausgleichschalter LAD, Reihe 30, 1000 A, 1000 MVA mit Ringspalt-Strömungslöschkammer.



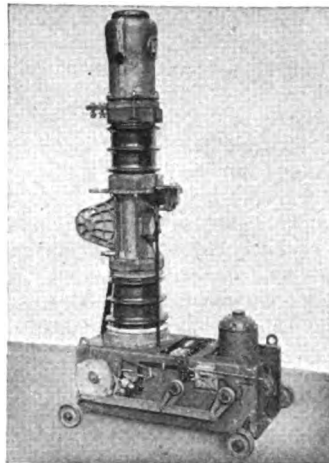
ETZ 565  
Bild 8. Druckausgleichschalter LCF, Reihe 110, 600 A, 2500 MVA mit Motor-Federkraftspeicher-Antrieb.



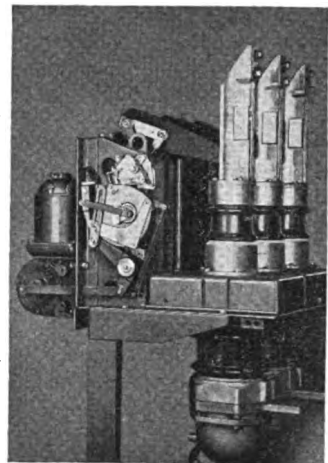
ETZ 566  
Bild 9. Zusatzlöscheinrichtung für Druckausgleichschalter Reihe 110, 600 A, 1500 MVA.



ETZ 567  
Bild 10. Einpolige Abschaltung eines induktiven Stromes mit der Zusatzlöscheinrichtung für Reihe 110, 600 A, 1500 MVA.



ETZ 568  
Bild 11. Einpoliger Bahnschnellschalter 15 kV, 600 A, 300 MVA, 16 2/3 Hz.



ETZ 569  
Bild 12. Druckausgleichschalter mit Kurzunterbrechung, Reihe 10, 1000 A, 400 MVA.

der Wurzel aus der Spannung steigt. Auf die Lichtbogenarbeit, die dem Druck annähernd proportional ist, hat die Spannung also nur geringen Einfluß. Eine für 10 kV entwickelte Löschkammer läßt sich daher auch bei nur wenig kleinerem Strom für 30 kV verwenden. Der Abschaltvorgang in der Strömungslöschkammer ist also viel weniger ein Spannungs- als ein Stromproblem und damit ein Druckproblem.

Solche Druck-Stromkurven bieten entsprechend den erörterten Eigenschaften beim Entwurf neuer Kammern für noch nicht untersuchte Stromstärken die Möglichkeit, durch Extrapolation die zu erwartende Druckbeanspruchung festzulegen. Mit einer Wasserdruckprobe kann an einem ausgeführten Muster genügende mechanische Festigkeit gegen den empirisch ermittelten Druck einfach nachgewiesen werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, da die zulässigen Höchstdrücke bereits ausgeführter Kammern bekannt sind, auf andere Ausschaltströme zu schließen, ohne hierzu besondere Versuchsarbeiten ansetzen zu müssen. Selbstverständlich bedarf dieses empirische Verfahren stets der Kontrolle durch eine elektrische Schaltleistungsprüfung. Umfangreiche Versuche im Hochleistungs-Versuchsfeld — ergänzt durch Netzerprobungen — ergaben immer wieder Beweise für die Brauchbarkeit dieser Methode.

Einen mit der beschriebenen Ringspalt-Strömungslöschkammer ausgerüsteten Druckausgleichschalter Reihe 10, 2000 A Nennstrom, 600 MVA zeigt Bild 6. Die Löschkammern, von denen die des mittleren Poles herausgenommen ist und am Boden liegt, sitzen innerhalb der Siluminhäuben am unteren Ende der Porzellan-Zylinder. Zur Kontrolle können die Kammern, wie aus der Abbildung hervorgeht, leicht herausgenommen werden. Die Betätigung erfolgt wahlweise durch Motor- oder Druckluftantrieb. Im Bild 7 ist ein weiterer mit Ringspalt-Strömungslöschkammern ausgestatteter Schalter für Reihe 30, 1000 A Nennstrom und 1000 MVA erkennbar. Die in den Bildern 6 und 7 gezeigten Schalter sind neuere Konstruktionen und gehören zu der von V & H für die Reihen 10 ... 45 und für Nennströme von 600 ... 2000 A entwickelten Durchführungsbauart.

Aus Bild 8 geht die neueste Bauform eines Druckausgleichschalters Reihe 110, 600 A Nennstrom, Abschaltvermögen 2500 MVA hervor, ausgerüstet mit Ringspalt-Strömungslöschkammern. Bei diesem Schalter sitzen die Löschkammern, nach unten hängend, im oberen Teil der Schaltersäulen. Die Sicherheit der isolierenden Oltrennstrecke im Schalterinnern, die nach der Ausschaltung entsteht, ist so groß, daß man auf die früher angewendeten mechanisch gekuppelten Trennmesser verzichten konnte. Porzellandrehsäulen bewegen die Schaltstifte durch ein Getriebe im Mittelteil. Die Betätigung erfolgt durch einen getrennt aufgestellten Federkraftspeicher-Antrieb mit Motor- oder Druckluftaufzug. Durch die räumliche Trennung zwischen Antrieb und Schalter ergibt

sich der Vorteil der spannungsfreien Zugänglichkeit aller Antriebsteile.

Ihrem Prinzip entsprechend erzeugt die Strömungslöschkammer die Ölströmung selbst. Daher ist, wie auch die Kurven des Bildes 5 erkennen lassen, der Spüldruck stromabhängig. Mehrfache Untersuchungen und langjährige Betriebserfahrungen zeigen jedoch, daß Mittelspannungs-Druckausgleichschalter bei den praktisch vorkommenden kleinsten Strömen ausreichende Löscheigenschaften besitzen. Auch bei Höchstspannungsschaltern werden unter normalen Umständen kleine Ströme mit geringer Lichtbogendauer gelöscht. Lediglich bei 110 kV kann in besonders gelagerten Fällen das Abschalten leerlaufender Transformatoren zu langer Lichtbogendauer führen.

Um auch in solchen Fällen kleine induktive Ströme stets mit kurzer Lichtbogendauer durch die Strömungslöschkammer zu löschen, wurde die in Bild 9 wiedergegebene Zusatz-Löscheinrichtung für 110 kV-Schalter entwickelt. Durch eine Nockenscheibe auf der Drehsäule, deren Hauptaufgabe Bewegung des Schaltstiftes ist, wird über einen Stößel und eine Feder elastisch ein Zusatzkolben bei Beginn der Ausschaltung betätigt. Im richtigen Schaltmoment pumpt dann dieser Kolben das auf ihm stehende Öl unter den darüber befindlichen Differentialkolben, wodurch dieser so in Bewegung gesetzt wird, als ob ein stromstarker Lichtbogen dies bewirkte. Nicht nur im Versuchsfeld sondern auch bei Netzversuchen wurde an sehr schwieriger Stelle mit dieser Zusatzeinrichtung die Lichtbogendauer beim Abschalten leerlaufender Transformatoren stark herabgesetzt. Bild 10 zeigt ein im Versuchsfeld aufgenommenes Oszillogramm der Abschaltung eines induktiven Stromes von 14,9 A eff. bei 104 kV wiederkehrender Spannung, wobei die Lichtbogendauer nur 3,5 Halbwellen beträgt.

Besonders vorteilhaft ließ sich mit der Ringspalt-Strömungslöschkammer auch der in Bild 11 dargestellte einpolige Bahnschalter für 16 2/3 Hz entwickeln. Dieser Schalter hat bei 15 kV Betriebsspannung ein Nennabschaltvermögen von 300 MVA. Durch geschickte kinematische Durchbildung der Betätigungsteile konnte die Eigenzeit auf 30 ms herabgesetzt werden, was berechtigt, dem Gerät die Bezeichnung „Schnellschalter“ zu geben. Je nach der Phasenlage des Stromes bei Beginn der Kontakttrennung beträgt die Lichtbogendauer 8 ... 38 ms bei größten Abschaltströmen (1 HW = 30 ms). Einschließlich Relaiszeit ergibt sich eine Gesamtausschaltzeit von 58 ... 88 ms. Bei Verwendung von Primärauslösern geht die Gesamtausschaltzeit auf 45 ... 75 ms herunter.

Neuerdings wird im Mittelspannungsgebiet die Kurzunterbrechung wachsend angewendet. Für diese Zwecke gelang es, durch Entwicklung geringer Zusätze normale Druckausgleichschalter — zunächst Reihen 10 und 20 — heran-



zuziehen. Bild 12 zeigt ein Gerät Reihe 10, 1000 A, 400 MVA für Kurzunterbrechung. Die erwähnten Zusätze beschränken sich auf die Steuerung des normalen Motorantriebes sowie auf eine Änderung der Freiauslösung (Klinkenschloß). Ein in der Steuerung eingefügtes Zeitglied gestattet es, eine Trennzeit von 0,18 ... 0,3 s einzustellen. Die Notwendigkeit, nach einer erfolgten Ausschaltung die Kammer innerhalb kürzester Zeit wieder löschbereit zu machen, erforderte die Anwendung der Ringspalt-Strömungslöschkammer, die zur raschen Wiederfüllung mit Öl ein Füllventil im Pumpkolben erhielt. Dieses Ventil gibt beim Zurückgehen des Kolbens in die Ruhestellung eine Öffnung mit großem Querschnitt frei.

Zur Zeit der Einführung der ölarmen Druckausgleichschalter war — fußend auf Erfahrungen mit alten Ölschaltern — die Tendenz vorhanden, Öl aus den Schaltanlagen möglichst zu entfernen. Da es jedoch gelang, bei den Druckausgleichschaltern die bei einer Kurzschlußabschaltung auftretenden Beanspruchungen zu beherrschen, besteht seit Jahren keine Veranlassung mehr, in der Verwendung der nur relativ geringen Ölmenge in diesen Schaltern irgend eine Gefahr wegen der Brennbarkeit des Löschmittels zu sehen. Von mehr als 20 000 seit 1934 in Betrieb befindlichen Schaltern ist kaum ein Fall eines Ölbrandes bekannt. Demgegenüber besitzt Öl — abgesehen von den elektrischen Eigenschaften — die vortreffliche Fähigkeit, die Kontakteile gegen korrosive Einflüsse zu konservieren. Infolge der Zersetzung eines Teiles des Oles bei der Abschaltung verrußt das Löschmittel im Laufe der Zeit. Betriebsuntersuchungen ergaben, daß Schalterfüllungen über eine außerordentlich lange Zeit hinweg eine Festigkeit von 30 ... 40 kV/cm ha-

ben. Beeinträchtigt wird dadurch die Löschung in keiner Weise. Gelegentlich der üblicherweise stattfindenden Revisionen genügt es, die Ölfüllung zu erneuern. Bei Schaltern über 60 kV ist jedoch der Isolierfähigkeit des Oles in der nach der Löschung verbleibenden Trennstrecke genügend Beachtung zu schenken.

Unter Anwendung der ausgezeichneten Eigenschaften des Oles als Löschmittel wurde von V & H eine Ölströmungslöschkammer entwickelt, deren Grundgedanke in einfacher Ausführung bis 400 MVA und als Ringspalt-Strömungslöschkammer ab 600 MVA in den verschiedensten Druckausgleichschaltern Anwendung findet. Letztere gestattet nicht nur ein Abschaltvermögen von 1000 MVA im Mittelspannungsgebiet zu erreichen, sondern gibt auch die Möglichkeit zur Weiterentwicklung für noch höhere Abschaltleistungen in diesem Spannungsgebiet. Durch Anpassung an besondere Verhältnisse ist das Löschrinzip auch in der Lage, über normale Forderungen hinausgehende Aufgaben zu lösen, wie das an der Entwicklung eines Bahnschnellschalters und an Mittelspannungsschaltern für Kurzunterbrechung gezeigt werden konnte. Obwohl der Druckausgleichschalter eine gewisse Reife erreicht hat, zeichnen sich bereits neue Aufgaben ab, zu deren Lösung eine wesentliche Vergrößerung der vorhandenen Leistungsprüfanlage die notwendigen Voraussetzungen schaffen wird.

#### Schrifttum

- O. Schwenk: Ölarme Leistungsschalter mit reiner Ölströmung. ETZ 72 (1936) S. 229.  
 E. König: Die Verwendung von Öl in Schaltanlagen und Schaltern. Sachs. Ing.-Z. 31 (1936) H. 9 u. 10.  
 E. Maab: Ölarme Bahnschnellschalter für Unterwerke und Kuppelstellen. Elektr. Bahnen, erscheint demnächst.

## Keramische Kondensatoren mit extrem hoher Dielektrizitätskonstante

(Mitteilungen aus den Laboratorien der Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H., Selb/Bayern)

Von H. Rückert und H. Capitain, Selb

DK 621.319.4

Die in Deutschland schon vor vielen Jahren begonnene Entwicklung von hochkapazitiven keramischen Massen wurde später in den USA mit erheblichem Aufwand aufgenommen. Besonders in den Jahren ab 1942 setzte in den USA die Entwicklung der sogenannten Hi-Kaps ein (high capacity). Man versteht hierunter keramische Massen mit einer sehr hohen Dielektrizitätskonstante, im folgenden kurz als HDK bezeichnet. Bei den bisher hauptsächlich benutzten und allgemein bekannten keramischen Kondensatoren, welche nur eine Dielektrizitätskonstante bis etwa 100 aufweisen, war man gewöhnt, den Temperaturkoeffizienten als eine im engen Bereich feststehende Größe anzusehen, um so z. B. Temperaturkompensationen durchzuführen. Man garantierte geringe und nur wenig streuende Verlustfaktorwerte, was notwendig war, da diese Kondensatoren in Schwingungskreisen verwendet wurden. Man brauchte sich auch keine Gedanken darüber zu machen, ob die Kapazität, der Verlustfaktor und der Isolationswiderstand bei verschiedenen Temperaturen sowie bei verschiedenen Frequenzen der Wechselspannung und unterschiedlich hohen Gleichspannungen veränderlich waren. Allerdings war es bei einem noch tragbaren Raumbedarf nur für allerhöchste Frequenzen möglich, geeignete Kopplungs- und Abblockkondensatoren herzustellen. Bei den häufigsten Geräten, wie sie als Rundfunkempfänger, als Meßgeräte und als Sender für die Bereiche der Rundfunkfrequenzen und bis zum UKW-Gebiet herauf vorkommen, mußte man bisher jedoch als Abblock-, Sieb- und Kopplungskondensatoren im Hochfrequenz- und auch im Niederfrequenzgebiet Kondensatoren mit Papier-, Glimmer- oder Kunststoffolie-Dielektrikum verwenden. So kamen die keramischen Kondensatoren hauptsächlich für Schwingkreise in Betracht.

Ganz neue Möglichkeiten ergeben sich für den Konstrukteur der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik, wenn nun keramische Kondensatoren verfügbar sind, welche bei

geringstem Raumbedarf verhältnismäßig große Kapazitäten herzustellen gestatten, da das verwendete Dielektrikum eine Dielektrizitätskonstante von einigen 1000 besitzt. Die HDKs haben aber in gewissen Beziehungen völlig andere Eigenschaften, als sie bisher dem Gerätekonstrukteur geläufig waren.

1. Temperaturkoeffizient der Kapazität. — Wenn man die schon seit langen Jahren bekannten keramischen Kondensatoren bei verschiedenen Temperaturen und Frequenzen auf ihren Temperatur-Koeffizienten (TKc) untersucht, so findet man, daß alle Massen unter bestimmten Bedingungen dieser Art einen Umkehrpunkt der TKc besitzen, welcher jedoch selten so liegt, daß bei der praktischen Verwendung diese Erscheinung zu beobachten wäre.

Anders ist es bei den HDKs, da man hier eine möglichst hohe Dielektrizitätskonstante (DK) zu erzielen wünscht, die über den praktischen Temperaturbereich einigermaßen bestehen bleibt. Wie aus Bild 1 zu ersehen ist, durchläuft die DK und entsprechend damit die Kapazität dieser Kondensatoren bei Temperaturen von 20 ... 80 °C einen gewissen Bereich, der bei hohen Spitzen-DK-Werten größere Unterschiede aufweist. Diese Erscheinungen zeigen alle HDKs

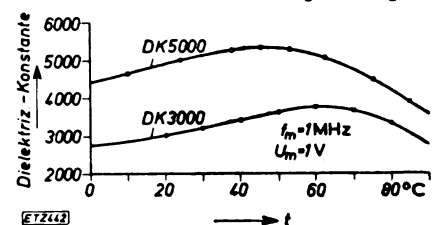


Bild 1. Verlauf der Dielektrizitätskonstante über den Temperaturbereich von zwei verschiedenen HDK-Massen (TKc).



in- und ausländischer Herkunft. Der Gerätekonstrukteur weiß, daß bei Abblockkondensatoren z. B. eine Kapazitätsveränderung von  $\pm 30\%$  keine praktisch merkbare Beeinträchtigung der Gerätefunktion mit sich bringt. Daher ergibt auch der teils positive und teils negative TK<sub>c</sub> der HDKs keine störenden Einflüsse.

Ferner ist zu bedenken, daß besonders die Spitzen-DK dieser Kondensatoren entsprechend der Höhe der angelegten Gleichspannung sich vermindert (Bild 2). Hierdurch wird eine gewisse Verkleinerung der Kapazität bewirkt, so daß man mit der anzulegenden Spannung meistens nur so weit geht, bis die Spitzenkapazität um 30% abgenommen hat. Es ergibt sich so jedoch der Vorteil, daß bei angelegter Gleichspannung die TK<sub>c</sub>-Kurve flacher verläuft.

**2. Verlustfaktor.** — Es ist bekannt, daß Kondensatoren mit Papierdielektrikum einen Verlustfaktor von rd.  $50 \dots 200 \cdot 10^{-4}$  bei Niederfrequenz und bei Hochfrequenz einen solchen von einigen  $1000 \cdot 10^{-4}$  aufweisen. Demgegenüber besitzen die HDKs Verlustfaktorwerte, welche z. T. etwas höher als die der bekannten keramischen Kondensatoren sind, aber besonders bei hohen Frequenzen wesentlich besser als die der Papierkondensatoren (Bild 3).

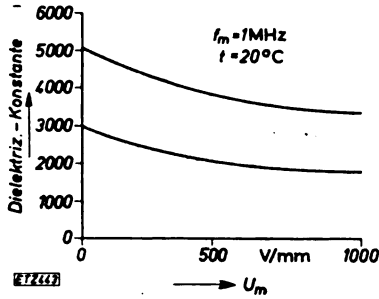


Bild 2. Verlauf der Dielektrizitätskonstante bei verschiedenen Gleichspannungsfeldstärken bei zwei HDK-Massen.

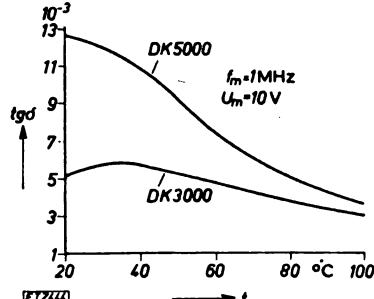


Bild 3. Verlauf des Verlustfaktors über den Temperaturbereich bei zwei verschiedenen HDK-Massen (10<sup>-3</sup> tg δ).

Darüber hinaus beeinflusst die Betriebstemperatur auch noch den Verlustfaktor. Die HDKs lassen sich so herstellen, daß mit steigender Temperatur im Hauptverwendungsreich (Temperatur und Frequenz) der Verlustfaktor sinkt, so daß diese Eigenschaft als sehr vorteilhaft angesehen werden kann, da sie genau umgekehrt ist wie bei den früher bekannten keramischen Massen.

Schließlich beeinflusst auch die Höhe der angelegten Gleichspannung den Verlustfaktor. Es ist jedoch möglich, die HDK-Massen so herzustellen, daß diese Eigenschaft nur gering auftritt und bei den vorkommenden Feldstärken noch zu einer Verbesserung des Verlustfaktors beiträgt.

**3. Durchgangswiderstand.** — Die HDK-Massen lassen sich durch angelegte hohe Gleichspannungsfeldstärken polarisieren. Man kann z. B. den piezoelektrischen Effekt auch bei diesen keramischen Massen feststellen. Im Zusammenhang damit verbessert sich der Durchgangswiderstand, wenn die angelegte Gleichspannung einige Zeit einwirkt.

Der Isolationswiderstand kann nur bei Kopplungskondensatoren kritisch werden, wenn es gleichzeitig gilt, die positive Anodenspannung einer Vorstufe von dem negativ vorgespannten Gitter der folgenden Stufe fern zu halten, wenn dieses eine hochohmige Ableitung besitzt. Werte von  $10^9 \Omega$ , welche mit Sicherheit von den HDKs erreicht werden, können auch hier als ausreichend angesehen werden.

Unsere eigenen Entwicklungsarbeiten bestätigen die aus den USA kommenden Nachrichten, wonach es nur noch eine Frage der Zeit ist, daß keramische Kondensatoren verfügbar sein werden, die mit Vorteil in allen Geräten der Fernmelde- und Hochfrequenztechnik da eingesetzt werden können, wo man bisher Kondensatoren mit anderem Dielektrikum benutzen mußte. Gleichzeitig erhält man den Vorteil, daß die keramischen Kondensatoren eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer aufweisen, klimabeständig sind, ebenfalls äußerlich isoliert hergestellt werden können und Temperaturen von weit über  $100^\circ\text{C}$  kurzzeitig und in besonderen Fällen auch dauernd gewachsen sind. Es sei noch bemerkt, daß sich für spezielle Verwendungszwecke die HDK-Masse so herstellen läßt, daß die Kondensatoren ihr flaches DK-Maximum bei verschiedensten praktisch vorkommenden Temperaturen aufweisen.

## Ein Großstroboskop

Das beschriebene Großstroboskop „Aladin“ dient zur Erzeugung gesteuerter oder periodischer Lichtblitze größter augenblicklicher Helligkeit bei extrem kurzer Blitzdauer<sup>1</sup>.

Als Lichtquelle dient eine demontable, mit technischem Argon gefüllte Funkenkammer mit robusten Wolframelektroden. Die Lichtblitzzeit von weniger als  $1 \mu\text{s}$  wird dadurch erzielt, daß nicht — wie bisher üblich — ein Kondensator sich über ein Kabel zur Funkenstrecke entlädt, sondern über sehr kurze Verbindungsbänder mit einer Induktivität von weniger als  $10^{-7} \text{H}$ . Die Spitzenstromstärke ist dabei  $> 10 \text{kA}$ , die in dem Funken auftretende Spitzenleistung ( $t \approx 0,2 \cdot 10^{-6} \text{s}$ )  $\approx 40 \text{MW}$ . Ermöglicht wurde diese Leistung dadurch, daß der elektrische Funkenwiderstand mit etwa  $0,2 \Omega$  im Mittel dem aperiodischen Grenzwiderstand des Entladungskreises angeglichen ist. Dadurch ist die kürzestmögliche Umsatzeit der Ladungs- in Strahlungsenergie erreicht.

Durch sorgfältige Ausbildung des Steuergerätes bei Verwendung sehr steiler Spannungsschübe für die Zündung der Stroboskoplampe beträgt die Einsatzstreuung des einzelnen Funkens gegenüber der Steuerspannung etwa  $10^{-7} \text{s}$ . Die pro Funken erzeugte Lichtmenge ist abhängig von der Blitzfrequenz. Bei Einzelblitzen werden 150 lms emittiert.

Für die Auslösung der Blitze bestehen folgende Möglichkeiten:

1. Wenn periodische Lichtblitze zwischen 300 und  $20.000 \text{min}^{-1}$  erforderlich sind, so bedient man sich zur Steuerung eines Kleinstroboskops. Zu der üblichen Ausstattung

gehört ein Drello-Stroboskop-Type Strob. 105, jedoch ist auch jedes andere Kleinstroboskop, z. B. von Philips, General Radio (USA) oder Rohde & Schwarz, München, zur Steuerung geeignet. Die Spannungsimpulse, die sonst die Stroboskoplampe bei dem Klein-Stroboskop zünden, werden hierbei zur Ionisierung eines Stromtores (BBC TQ 2/3) benutzt, das seinerseits einen  $200 \text{kW}$ -Zündimpuls auf die Zündelektrode der Blitzlampe gibt und mit kleinster zeitlicher Streuung den Lichtblitz auslöst.

2. Durch Kontaktschluß oder Kontaktunterbrechung kann der Blitz ausgelöst werden. Um die volle Genauigkeit des Stroboskops auszunutzen, z. B. bei der Beobachtung von Schwingungen an Turbinenschaukeln, muß der verwendete Kontaktgeber auf einige Winkelminuten genau in Abhängigkeit von der Antriebswelle schalten.

Wenn nicht bereits in anderer Form vorhanden, so steht hierfür der Kontaktgeber K 105 zur Verfügung. Dieses Instrument gibt auf rd.  $2'$  genau Kontakt, wobei auf Wunsch ein stufenloses Reibradgetriebe die Blitzfrequenz bis  $\pm 2\%$  gegenüber der Antriebswelle variiert. Der Kontaktgeber wird nur spannungs-, nicht strommäßig belastet, er öffnet durch Spannungsstoß das Stromtor. Bei Kontaktunterbrechung wird der Kontakt mit  $1 \text{mA}$ ,  $100 \text{V}$  belastet.

3. Auslösung von Einzelblitzen. — Einzelblitze können ausgelöst werden durch Anschluß der Kontaktklemmen eines Photoverschlusses an das Stroboskop oder aber auch mit Druckknopf. Man kann aber auch das Stroboskop so schalten, daß, z. B. bei Verwendung eines Kontaktgebers oder eines periodischen Steuergerätes, bei Drücken eines Kontaktknopfes der nächstfolgende Kontaktschluß oder

<sup>1</sup> Hersteller Physikalisch-Technisches Laboratorium Dr.-Ing. Frank Franke, Hamburg.

-unterbrechung oder Spannungsimpuls des Steuergerätes einen einzigen Blitz auslöst. Die Helligkeit dieses einen Blitzes ist ausreichend für eine gut durchbelichtete Photoaufnahme (z. B. im direkten Stroboskopstrahl in 3 m Abstand von der Lampe bei Blende 1:8, Film 17/10 DIN).

Man hat es in der Hand, mit mehr oder weniger hellen Blitzten zu arbeiten, indem man den Fülldruck der Lampe wie bei einem Autoreifen verändert. Bei niedrigem Fülldruck, z. B. 1 ata, sind die Funken länger, die Öffnung des Scheinwerferkegels etwas größer als bei hohem Fülldruck, der die kürzesten Lichtblitze bei höchster Lichtmenge bedingt. (Bei rd. 4 atü werden die optimalen elektrischen Anpassungsbedingungen des Funkenwiderstandes erreicht.)

Der Elektrodenabstand kann von außen dem gewählten Gasdruck durch Drehen an einer Rändelschraube angeglichen werden. Wenn nach längerer Betriebsdauer der Hartglaszylinder des Entladungsgefäßes geschwärzt ist oder die Elektroden abgebrannt sind, wird durch Lösen von 3 Muttern die Lampe demontiert, gereinigt, erforderlichenfalls Elektroden gewechselt oder nachgeschliffen und die Lampe wieder zusammengeschaubt. Aus der mitgelieferten Edelgasvorratsflasche, die bei jeder größeren Sauerstoff-Fabrik mit Argon wieder aufgefüllt werden kann und deren Inhalt für rd. 100 Lampenfüllungen reicht, wird die Lampe nach zweimaligem Spülen mit Edelgas auf den Betriebsdruck aufgeblasen. Hierdurch ist wirtschaftlichster Betrieb möglich.

Die scheinwerferartig aufgebaute Lampe, die auch die Impulskondensatorbatterie enthält, ist auf einem Stativ zwischen 100 und 180 cm Höhe drehbar und verstellbar angeordnet. Die einzelnen Bauelemente sind auf Bild 1 ersichtlich, und zwar von rechts nach links: Steuergerät mit dazugehöriger Handlampe zur getrennten Verwendung dieses Gerätes als Kleinststroboskop, z. B. für einfache Tourenzahlen- oder Schlupfmessung; in der Mitte das Hochspannungs-Versorgungsgerät mit Gleichrichter und Stromtor sowie den verschiedenen Verriegelungsrelais für die einzelnen Betriebsarten, die sich automatisch gegenseitig ausschließen; links davon die Stroboskoplampe mit Stativ; im Scheinwerfer vorn

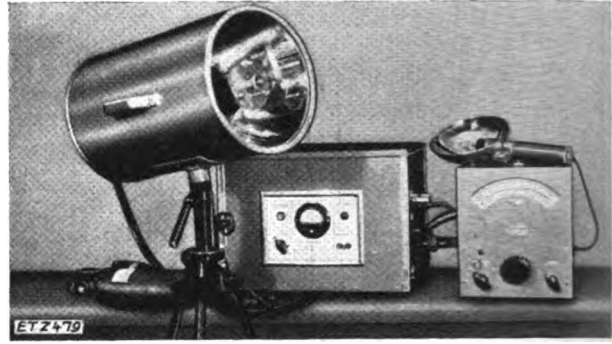


Bild 1. Großstroboskop „Aladin“ des Physikalisch-technischen Laboratoriums Dr. F. Früngel, GmbH., Hamburg-Rissen.

der zur Demontage der Funkenkammer abnehmbare Gefäßdeckel mit Elektrodenverstellvorrichtung; links liegend die Argon-Vorratsflasche mit Reduzierventil. Das Stroboskop ist erschütterungsunempfindlich und im PKW transportierbar. Das angewandte Baukastenprinzip hat den Vorteil, daß in den vielen Fällen, wo nur Einzelblitze von Kontaktvorrichtungen gesteuert erforderlich sind, der Aufwand des Steuergerätes entfallen kann.

Für besonders intensive Einzelblitze, z. B. für Unterwasser- und Schiffsraufnahmen an Schiffsschrauben u. dgl. besteht die Möglichkeit, durch Zuschalten einer größeren Kondensatorbatterie Lichtblitze bis zum Zehnfachen der Lichtmenge pro Einzelblitz zu erzeugen. Die Lichtblitzdauer verlängert sich hierbei bis  $2 \times 10^{-6}$  s. (Der Zusatzkondensator gehört nicht zum normalen Lieferumfang.)

Das Gewicht der Stroboskoplampe mit Stativ beträgt 19 kg  
des Netzanschlußgerätes 35 kg  
des Steuergerätes Bauart Drello 15 kg

F. Früngel

## Neue Art des Rundfunkempfangs

DK 621.396.621.54

Die nachstehend beschriebene Empfangseinrichtung soll das Abhören von Rundfunkstationen ermöglichen, ohne daß andere, in der Nähe befindliche Personen die Sendung mit- hören oder sich gestört fühlen können. Eine Möglichkeit hierzu war bisher durch die Verwendung von Kopfhörern gegeben; lästig war jedoch, daß man sich nicht frei im Zimmer bewegen konnte, sondern durch die Zuleitungsschnüre vom Kopfhörer zum Empfangsapparat behindert und an einen bestimmten Platz in der Nähe des Empfangsgerätes gebunden war. Mit der vorliegenden Einrichtung wird das Problem gelöst, sich frei im ganzen Hause zu bewegen und dennoch Rundfunksendungen aufzunehmen.

Ein normaler Rundfunkempfänger in Superheterodyne-Schaltung wird wie folgt umgeändert: Die empfangenen drahtlosen Wellen gelangen wie gewöhnlich über den Oszillator zum Zwischenfrequenzkreis-Verstärker, von dort ohne Demodulation zur Vorverstärkerstufe und anschließend zur Endröhre, die jetzt als Senderröhre arbeitet und über eine Antennenleitung die empfangenen und verstärkten Wellen weiter ausstrahlt, und zwar stets auf der Frequenz der im Gerät verwendeten Zwischenfrequenz, auf welche Sendestation der Empfangsapparat auch immer eingestellt sein mag. Diese Wellen können mit einem auf Zwischenfrequenz des Empfangsgerätes, die ja jetzt die Hilffsendefre-

quenz darstellt, fest eingestellten kleinen Detektor-Gerätes, das innerhalb einer Kopfhörermuschel eingebaut ist, ohne Antenne und ohne Erdleitung abgehört werden. Der Rundfunkhörer, der mit einem solchen Empfänger ausgerüstet ist, kann innerhalb seines Heimes überall den Rundfunksendungen zuhören. Ein an jedem Normalempfänger angebrachter Umschalter ermöglicht den Übergang von normalem Rundfunkempfang mit Lautsprecher auf den soeben beschriebenen Spezialempfang, dessen Anwendungsgebiete auch überall dort zu suchen sind, wo man sich über das Programm nicht einig wird. Ein weiteres großes Anwendungsgebiet dürften Krankenhäuser und ähnliche Einrichtungen mit Gemeinschaftsempfang sein. Diese kleinen Detektor-Kombinationen können versteckt beispielsweise in Kopfkissen untergebracht werden und gestatten auf dem Ruhebett einen Empfang, der niemand anderem lästig wird.

Ferner ist es möglich, solche Detektorgeräte, in Gehäuse eingebaut, mit Lautsprechern entsprechender Größe zu betreiben und nun überall dort Radio zu hören, wo man sich gerade aufhält: auf der Veranda, in der Küche, im Schlafzimmer usw. Aus diesen kurzen Andeutungen schon mag ersehen werden, daß sich hiermit die mannigfaltigsten Ausblicke auf die verschiedensten Empfangsmöglichkeiten eröffnen.

H. Marsiske

## NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE

Wie im Vorjahre hat die ETZ-Schriftleitung aus den elektrotechnischen Firmen eine Übersicht zusammengestellt, die dem Messebesucher ein kleiner Wegweiser sein kann und den übrigen Lesern schon im voraus ein Bild über die diesjährige Leistungsschau der Elektroindustrie geben mag.

### Elektrische Maschinen und Antriebe

Die heutige Antriebstechnik wird in erster Linie durch wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmt. Man ist bemüht, die Produktion durch das Anpassen der Drehzahl an den jeweiligen Arbeitsvorgang und an den Zustand des zu verarbeitenden Materials weitgehend zu steigern. Untrennbar verbunden mit dem Streben nach Erhöhung der Produktion ist das Bemühen nach Verfeinerung der Arbeitsprozesse. Es ist klar, daß diese Entwicklung eine steigende Verwendung von Regelantrieben erfordert.

Unter den hierfür verfügbaren Antriebelementen nimmt der **läufergespelste Drehstrom-Nebenschlußmotor** eine hervorragende Stellung ein. Die Siemens-Schuckertwerke haben sich um seine Entwicklung und seinen Bau seit nahezu 40 Jahren besonders bemüht und haben neue Typenreihen mit bemerkenswerten Neuerungen geschaffen. Die neuen Modelle werden nur in geschützter und geschlossener, oberflächengekühlter Bauart ausgeführt. Bei den geschützten Typen fällt äußerlich die glatte Form auf, auch die elektrische Verstelleinrichtung (für Fernsteuerung) ist organisch mit dem Motor zusammengebaut. Dabei ist aber zusätzlich immer die Möglichkeit gegeben, unmittelbar über ein Handrad die Drehzahl zu steuern. Die Belastbarkeit mit konstantem Moment über den ganzen Regelbereich bedingt natürlich bei großen Regelbereichen infolge der stark verringerten Eigenlüftung bei den unteren Drehzahlen eine drehzahlunabhängige Belüftung. Schon bei Motoren kleiner Leistung wird Fremdluft über Rohrleitungen oder eingebauten Fremdlüfter zugeführt. Der besondere Lüfter im Motorgehäuse wird durch einen außen angeflanschten Hilfsmotor angetrieben. Man kann diese Motoren auch bei größeren Regelbereichen mit niedrigen Drehzahlen im Dauerbetrieb verwenden.

Die neuen Motoren sind im Mittel 30% leichter geworden, die Abmessungen haben sich entsprechend um 10 ... 15% verringert. Der raum- und werkstoffsparende Aufbau wurde zum guten Teil auch durch die geschickte Luftführung erzielt. Mitverantwortlich für die Verringerung der Abmessungen und Gewichte bei den kleinen und mittleren Motoren ist auch eine Neuerung im elektrischen Aufbau. Zur Drehzahländerung mußte bisher die zu je einer Phase der Ständerwicklung gehörenden Bürsten über die Deckungsstellung hinweg gegenläufig aneinander vorbeibewegt werden. Auf Grund der neuen Schaltung für vierpolige Maschinen rücken zunächst die gleichsinnig bewegten Bürstenbolzen so eng zusammen, daß sie auf je einen verhältnismäßig kurzen gemeinsamen Bürstenträger zusammengebaut werden können. Darüber hinaus wird bei Durchlaufen des ganzen Drehzahlbereiches das Aneinandervorbeiführen der Bürsten vermieden (Einbahnkommutator). Jeder Bürstenbolzen kann über die volle Kommutatorbreite mit Bürsten besetzt werden. Es ergab sich dabei, daß auch der Kommutator kürzer gehalten werden konnte. Die Zahl der Bürstenbolzen selbst ist auf die Hälfte verringert. Ähnliche Anordnungen waren schon früher bekannt, jedoch mit zweiphasigen Ständerwicklungen, die in mancher Hinsicht nicht die elektrisch günstigsten Verhältnisse brachten. Diese Ausführungen konnten auch nur für kleine Leistungen gebaut werden.

Die hier aufgezählten Verbesserungen wurden zum Teil auch auf **Textilmotoren** übertragen, so auf die weit regelbaren Wirkmotoren, die für Leistungen bis 2,5 kW entwickelt wurden. Zu den bekanntesten Spinnmotor mit aufgebautem Fadenzugregler (8,5/3 kW bei 1250/500 U/min) ist eine kleinere Type für 5/1,5 kW bei einem Regelbereich von 1920/640 U/min getreten, besonders als Doppelantrieb für Kammgarnmaschinen gedacht.

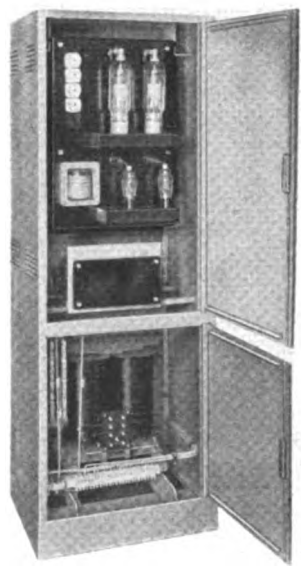
Bei dem von der AEG gezeigten **Kommutatormotor mit Läuferspelsung** wird das Netz über drei Schleifringe zu der Wicklung im Läufer geführt, der auch die Kommutatorwicklung trägt. Auf dem Kommutator schleifen zwei gegenläufig verschiebbare Bürstensätze für die im Ständer untergebrachte Sekundärwicklung. Dieser Kommutatormotor mit seinem Nebenschlußverhalten ermöglicht besonders einfach

ohne Umformung die stufenlose Geschwindigkeitssteuerung der Arbeitsmaschine. Der Drehzahlbereich ist im allgemeinen 1:3 für dauernde Geschwindigkeitsänderung; in Sonderfällen kann der Drehzahlbereich wesentlich größer genommen werden, aber die Eigenbelüftung des Motors ist dann wirkungslos und muß durch Fremdbelüftung ersetzt werden. Die ausgestellte Textilausführung kommt besonders für Merzerisier- und andere Veredelungsmaschinen in Frage.

Die Besonderheit der Motoren von Ernst Thielenshaus, Wuppertal, liegt in dem **auswechselbaren Stator**. Dieser lebenswichtige Teil ist nicht mehr mit dem Fuß des Motors bzw. der Antriebsseite fest verbunden und kann bei Wicklungsschäden mit wenigen Handgriffen abgenommen werden. Der Antrieb bleibt unberührt, weder Riemenscheiben noch Zahn- oder Kettenräder müssen entfernt werden. Der Betrieb braucht nicht etwa auf die Reparatur des beschädigten Stators zu warten, sondern es wird ein fabrikneuer Wechselstator eingebaut. In umgekehrter Reihenfolge wie beim Ausbau des beschädigten Stators werden 4 Muttern angezogen, die Kabel wieder angeschlossen und damit ist der Motor wieder betriebsfertig. Hält man einige Wechselstatoren auf Lager, so ist der Schaden nach 20 min behoben, der Motor wieder betriebsbereit.

Während der letzten Messe in Hannover wurden auf dem Stand der DEMAG **Verschiebeankermotoren** vorgeführt, die aus ersten Versuchsserien stammen. Inzwischen ist im DEMAG-Werk Wetter (Ruhr) die Fertigung dieses Kurzschlußläufermotors mit selbsttätiger mechanischer Korb- und Bremsbremse in großen Serien angelaufen und dieses kombinierte Antriebs- und Bremsaggregat findet überall da Eingang, wo elektrisch angetriebene Maschinen kurzzeitig stillgesetzt werden müssen. Der ursprünglich als Hebezeugmotor mit selbsttätiger Lastbremse gedachte Antrieb hat sich auch dort bewährt, wo ein genau zu begrenzender Arbeitsweg einen kürzesten Nachlauf der Schwungmassen erfordert. Dies ist der Fall bei Haupt- und Verstellantrieben an Werkzeugmaschinen aller Art, an Seil- und Wickelmaschinen, Beschickungseinrichtungen, Verarbeitungsmaschinen der Textil-, Glas-, Gummi- und Lederwarenindustrie. In den Bauformen und Anbaumaßen hält sich der DEMAG-Verschiebeankermotor an die für Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer verbindlichen DIN-Normen, so daß seine Austauschbarkeit mit allen genormten Kurzschlußläufer-Motoren gewährleistet ist. Das Typenprogramm umfaßt Leistungen von 0,4 bis 35 kW, Drehzahlen von 3000, 1500, 1000 und 750 U/min sowie polumschaltbare Motoren für mehrere Drehzahlen.

Die Gebr. Frede K. G., Westkirchen i. W., stellt normale Drehstrommotoren, aber auch **Wechselstrom-Repulsionsmotoren** für den Antrieb von Kolben- oder Kreiselpumpen und Kompressoren her. Die Repulsionsmotoren besitzen ein etwa 400-prozentiges Anzugsmoment und arbeiten selbst bei einem Spannungsabfall von 20% noch zufriedenstellend. Der Einschaltstrom ist gering, etwa das 1,5 ... 1,8fache des Nennstromes, so daß z. B. ein 0,5 PS-Motor für 220 V bei 1400 U/min nur mit trägen 6 A-Sicherungen abgesichert zu werden braucht. Der praktische, um 360° schwenkbare Klemm-



ETZ 50  
Bild 1. Schaltschrank für Elektronik-Steuerungen.

prozentiges Anzugsmoment und arbeiten selbst bei einem Spannungsabfall von 20% noch zufriedenstellend. Der Einschaltstrom ist gering, etwa das 1,5 ... 1,8fache des Nennstromes, so daß z. B. ein 0,5 PS-Motor für 220 V bei 1400 U/min nur mit trägen 6 A-Sicherungen abgesichert zu werden braucht. Der praktische, um 360° schwenkbare Klemm-

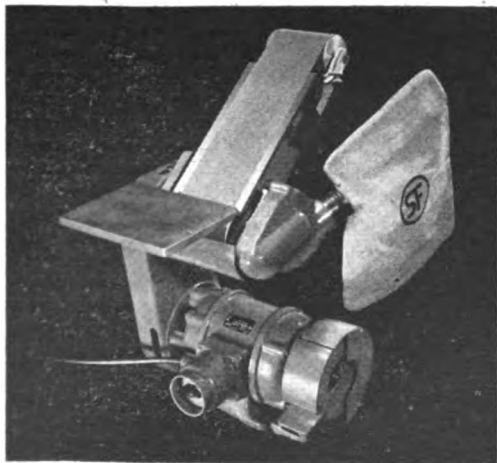
kasten aller Motoren von Gebr. Frede erleichtert die Installationsarbeit beträchtlich.

Die moderne Antriebstechnik verlangt Antriebe, die beliebig und oft geschaltet werden können und, was wesentlich ist, dabei eine gute Drehzahlkonstanz trotz wechselnder Belastung aufweisen. Diese Forderungen können durch **elektronische Motorsteuerungen** erfüllt werden. Die **Himmelerwerk A.G.** baut derartige Motorsteuerungen und stellt eine solche für 2 PS, regelbar in den Grenzen 250 ... 3000 U/min, aus.

Bei der **Elektronik-Steuereinrichtung für Regelantriebe** von BBC wird die Regelung bekanntlich über gittergesteuerte Thyratrons ausgeführt. Elektronik-Steuereinrichtungen für Regelantriebe liefert BBC heute für Leistungen von 100 W bis 15 kW. Dabei ist die ganze Einrichtung in serienmäßig hergestellten Steuerschränken (Bild 1) untergebracht, die nach dem Baukastensystem entworfen sind und so weitgehende Verwendung normalisierter Bauteile ermöglichen. — Weitere Röhrensteuerungen für motorische Antriebe sind im Abschnitt „Stromrichter“ geschildert.

In der Vervollkommnung der Bürstengleitkontakte bieten die neuen **Zwillingsbürsten** der **Ringsdorff-Werke GmbH., Mehlem a. Rh.**, einen wesentlichen Fortschritt. Zwillingsbürsten bestehen aus 2 auf dem Stromwender hintereinanderstehenden Teilbürsten, die mit einem gemeinsamen Kabelschuh verbunden sind. Eine der beiden Teilbürsten trägt einen Blechwinkel, der lang genug ist, um beide Teilbürsten gemeinsam durch den Druckfinger des Bürstenhalters auf den Stromwender zu drücken. Die durch diese Aufteilung erzielte elastische Gleitfläche bewirkt bessere Stromwendung und damit Schonung des Stromwenders. Ringsdorff-Zwillingsbürsten funken bei Maschinen mit empfindlicher Stromwendung weit weniger als die normalen Blockbürsten. Die Umstellung von einteiligen Blockbürsten auf Zwillingsbürsten ist auf jeder Maschine ohne Änderung der Bürstenhalter möglich.

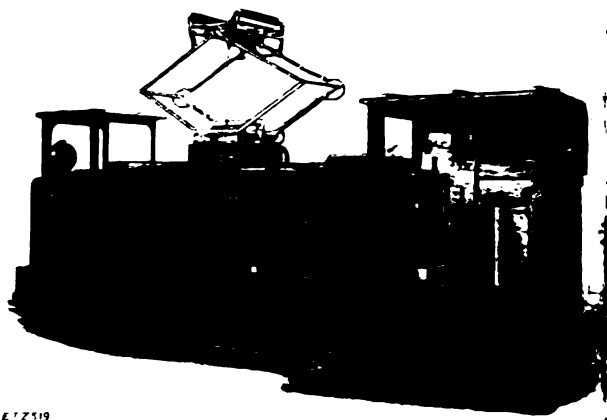
Die neue **Kleinband-Schleifmaschine** **DRP Type KB 2** der **C. F. Scheer & Co., Stuttgart**, kann sowohl in großen Betrieben als auch in der kleinsten Werkstatt angewendet werden zum Schleifen, Gratzen und Fräsen von Teilen aller Art und aus den verschiedensten Werkstoffen (Bild 2). Die Maschine benötigt keinerlei Fundament und kann deshalb beliebig auf jedem Tisch aufgestellt werden. Die eingebaute patentierte Staubabsaugung mit dem großen Staubbeutel gestattet die Verwendung der Maschine auch in staubempfindlichen Räumen. Die Schleiffläche ist für jede beliebige Ebene im Schleifwinkel einstellbar. Außerdem wird die Schleiffläche von keinem Überstand behindert, es können deshalb beliebig große Teile geschliffen werden.



ETZ 590

Bild 2. Kleinband-Schleifmaschine KB 2.

Zu Innenschleifen oder Gratzen kann eine biegsame Welle angebracht werden, auf der rotierende Fräser, Schleifkörper oder Schmirgelbandkörper eingespannt werden können. Der Antrieb der biegsamen Welle erfolgt über einen Keilriemen und wird auf einfachste Weise in Betrieb gesetzt oder abgestellt. Eine Schleifeinrichtung mit Handauflage und Topfscheibe auf der Motorwelle erweitert die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Maschine zum Werkzeugschleifen und ähnlichem. Die Antriebsleistung des Motors von 1 PS ist für alle Stromarten und Spannungen lieferbar.



ETZ 519

Bild 3. Elektrische Grubenlokomotive.

Die **Grubenlokomotive EL 5** von BBC (Bild 3) ist schon nach der Typenbezeichnung eine genormte Maschine und hat dementsprechend die unten angegebenen Daten. Ihr besonderer Vorzug ist, daß das Führerhaus und der Begleitersitz abgeschraubt werden können, so daß nur das Mittelteil der Lokomotive mit 2650 mm Gesamtlänge in den Förderkorb eingefahren werden kann. Für die Maschine gelten im übrigen folgende Angaben:

Spurweite	550—630 mm
Lokomotiv-Gewicht	13 t
Lokomotiv-Höhe	1600 mm
Lokomotiv-Breite	1000 mm
Achsstand	1100 mm
Länge über Puffer	4900 mm
Fahrdraht-Spannung	220 V Gleichstrom
Stunden-Leistung	2 × 30,5 kW
Zugkraft bei Stundenleistung	rd. 1800 kg
Fahrtgeschwindigkeit b. Stundenleistung	rd. 12 km/h
Kleinster zulässiger Krümmungsradius	8 m

Das Fahrzeug enthält einen geschweißten Stahlblechrahmen, der nach oben durch abhebbaren Deckel abgedeckt ist. Die Maschine hat halboffenen Führersitz mit Notausstieg und offenen Begleitersitz mit Schutzdach. Die Radsätze mit Bandagenrädern laufen in Rollenlager-Achsbüchsen. Abfederung des Oberteils gegen die Achsen durch Blatt-Trayfedern. Die Zug- und Stoßvorrichtung ist eine gefederne Mittelpuffer-Kupplung, deren Höhe über Schienenoberkante den vorhandenen Grubenwagen angepaßt wird. Als Bremse dient eine vierklötzige Spindelbremse mit Handradbetätigung. Der Sandstreuer mit Handbedienung wirkt auf die jeweils in Fahrtrichtung vorn liegenden Räder.

Der Scheren-Stromabnehmer mit 2 Kohle-Schleifstücken hat einen Arbeitsbereich von 1000 mm und ermöglicht damit eine Verwendung für Über- und Untertagefahrt. Der Überstromselbstschalter ist auch als Handschalter benutzbar. Die Lokomotive wird von 2 Reihenschluß-Bahnmotoren mit je 30,5 kW Stundenleistung bei 220 V Klemmenspannung angetrieben. Die Lagerung des Ankers erfolgt in Rollenlagern, die Tatzlager sind als Gleitlager ausgeführt. Die Kraftübertragung erfolgt durch Einfach-Stirnäder-Vorgelege mit zweiteiligem Großrad und Motorritzel, beide mit einseitig gehärteten Zähnen. Der Fahrschalter ist als Nockenschalter ausgebildet mit 10 Stellungen in Reihenschaltung und 8 in Parallelschaltung beider Motoren.

Die **M. A. N. (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.G.)** zeigt ein **Aufzugmodell** von 6 m Höhe mit 7 Stockwerken, das in Verbindung mit einer Siemens-Sammelsteuerung von den Besuchern des Standes betätigt werden kann. Das Modell zeigt eindrucksvoll, wie stark vertikaler Verkehr durch einen Aufzug mit Sammelsteuerung, die sich jetzt auch in Deutschland durchsetzt, bewältigt wird, ohne einen Aufzugsführer zu benötigen.

Der Kranbau der **M. A. N.** zeigt das **Modell eines Haken-drehkranes** in Säulenbauart. Die Verwendung einer Säule als tragendes Element ist an sich nicht neu; bei Schwerekränen, Turmkränen, Dachkränen, Schwimmkränen wurde sie schon angewendet. Neu ist aber ihre Verwendung bei Hafendrehkränen und neu ist die Lösung, die Säule als gefahrlosen Einstieg in das Maschinenhaus zu verwenden. Dadurch werden auch außenliegende Treppen und Geländer vermieden, die durch die pendelnde Last beschädigt werden könnten. Das schmale Portal ermöglicht das Bestreichen einer größeren Kaifläche, wenn mehrere Krane dicht nebeneinander arbeiten. Aus dem gleichen Fertigungszweig wird

Freigelände ein **Diesel-Schienenkran** auf Normalspur gezeigt, der als besonderes Konstruktionsmerkmal eine pneumatische Steuerung besitzt. Als Antriebsmotor dient ein normaler Fahrzeugmotor, so daß die Ersatzteilbeschaffung bei dem weitverzweigten Kundendienstnetz der M. A. N. sehr einfach ist.

## Stromrichter und Wandler

Die zunehmende Verwendung der **pumpenlosen Eisen-gleichrichter** für drehzahlgeregelte Motoren stellt eine Vervollkommnung der sonst durch Leonardumformer geregelten Industrieantriebe dar. Die Vorteile sind: ruhende Umformung, Leerlaufverluste sehr viel kleiner als bei Umformer, da Lager-, Kollektor- und Bürstenabnutzung fortfällt, geringes Gewicht, kleine Abmessungen, geringer Platzbedarf,  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  des vom Umformer benötigten Raumes. Da kein Verschleiß, Wartung und Unterhaltung billig, trägheitslose Regelung durch die Gittersteuerung gegenüber Feldträchtigkeit des Leonardumformers.

Zu den bisher serienmäßig hergestellten Baugrößen für 150 A, 300 A, 500 A und 600 A ist bei BBC eine neue gittergesteuerte Type für 1200 A getreten, die erstmalig bei einer großen kontinuierlichen Feineisen- und Drahtwalzenstraße mit 16 gittergesteuerten Einheiten für je 500 kW angewandt wird. Derartige gesteuerte pumpenlose Eisenstromrichter sind im letzten Jahre vermehrt eingeführt worden in Walzwerks- und Förderanlagen, in der Papier- und Textilindustrie, in Druckereibetrieben, bei Werkzeugmaschinen und vielen anderen Betrieben.

Ein besonderer Fortschritt ist die vielseitige Verwendungsmöglichkeit bei Werkzeugmaschinenantrieben. Bemerkenswert ist in dieser Richtung die elektrische Ausrüstung einer großen Walzdrehbank mit einem durch einen gittergesteuerten pumpenlosen Stromrichter geregelten Gleichstrommotor von 110 kW, der auf dem Stand der Maschinenfabrik **Herkules** (Franz Thoma, Siegen-Marienborn) im Betrieb vorgeführt wird. Durch eine vielseitige Druckknopfsteuerung werden alle notwendigen Schalthandlungen, Drehzahlregelungen und Einstellungen größtenteils automatisch ausgeführt. Drehzahländerungen von 100 bis 1600 U/min können eingestellt werden. Einschalten, Ausschalten, Regeln, Einrichten, Bremsen und vollkommenes Abstellen geschehen durch Druckknöpfe auf einer Tafel an der Drehbank.

Mit **Jovy-Rotomat** bezeichnet die Firma Dr.-Ing. Jovy, Leer/Ostfriesland, die von ihr entwickelten elektronisch gesteuerten **Motorstromrichter** zur Drehzahlregelung von Ein- oder Mehrmotorenantrieben. Der Rotomat wird in den Leistungsstufen 0,5 ... 20 kW mit Glühkathoden-Stromrichterröhren (Thyratrons) ausgerüstet, für höhere Leistungen mit wassergekühlten Ignitrons mit Quecksilberkathode. Neben kleineren Geräten wird eine Anlage zur Regelung von 3 Motoren auf Gleichlauf gezeigt, die bereits mehrfach in den letzten Jahren in der Praxis Eingang gefunden und sich bestens bewährt hat. Die Anker der 3 Gleichstrommotoren werden gemeinsam vom sog. Ankerstromrichter mit einer von 0 bis zum Maximalwert regelbaren Spannung gespeist. Durch die elektronische Steuerung, welche eine Kompensation der Anker-, Bürsten- und sonstigen Verluste gestattet, ergibt sich ein Drehzahlbereich von 1:50 bis 1:80 bei gleichbleibendem Drehmoment. Die Feldwicklungen der 3 Motoren werden einzeln durch je einen Feldstromrichter erregt. Durch die Gittersteuerung kann die Felderregung von bestimmten Meßgrößen beeinflusst werden, so daß die Motoren auch bei unterschiedlicher Belastung durch Drehzahlvergleich auf absoluten Gleichlauf elektronisch geregelt werden können. Ebenso besteht die Möglichkeit, Drehzahlunterschiede innerhalb der 3 Motoren bis zum Verhältnis 1:3 bei gleichbleibender Leistung einzustellen bzw. im voraus zu wählen.

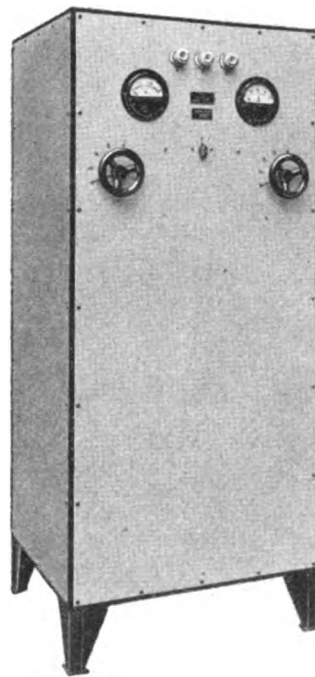
Ferner zeigt die Firma Dr.-Ing. Jovy einen elektronisch gesteuerten Umkehrstromrichter, mit welchem nicht nur die Drehzahl, sondern auch die Drehrichtung eines Motors stufenlos geregelt werden kann. Die Anordnung arbeitet in einer sog. Gleich-Wechselrichterschaltung, die im Antrieb vorhandene kinetische Energie wird bei Drehrichtungsumkehr selbsttätig durch die als Wechselrichter arbeitende Röhrengruppe ins Netz abgegeben. Diese Nutzbremse ergibt eine außergewöhnlich schnelle Drehrichtungsumkehr. Während bisher zur Steuerung von Umkehrstromrichtern große Verstellorgane in Form von Drehreglern benötigt wur-

den, sind bei dem vorgenannten elektronisch gesteuerten Umkehrstromrichter nur kleinste Verstellkräfte an einem Potentiometer erforderlich, bzw. es lassen sich durch kleinste Meßgrößen, Photozellen oder Thermoelemente, bestimmte Programme aussteuern.

Der **Verdunklungsstromrichter** Jovy-Variomat, der es gestattet, durch elektronische Steuerung vorgeheizte Leuchtstofflampen, Glühlampen oder Neon-Röhren in der Helligkeit stufenlos zu regeln, wurde inzwischen weiterentwickelt. Jetzt kann auf einem Fernregler der gewünschte Helligkeitsgrad im voraus — also vor Inbetriebnahme des Gerätes — gewählt und festgelegt werden. Über einen Kippshalter wird die stufenlos gleitende Aufhellung oder Verdunkelung ausgelöst. Die erforderliche Zeitkonstante zum Ein- und Ausschalten der Lampen wird durch einen elektrischen RC-Kreis, also ohne mechanisch bewegte Teile, geliefert. Regler und Schalter können an jeder beliebigen Stelle, auch in Nebenräumen, untergebracht werden.

Neben diesen Geräten, die zur Gruppe der elektronisch gesteuerten Stromrichter gehören, werden **Universal-Kinogleichrichter** zur Speisung von Kinoprojektoren mit Fernsteuerung über gleichstromvormagnetisierte Drosseln gezeigt. Als Gleichrichterelemente dienen Trockenplattensysteme oder Glühkathodenröhren mit besonders langlebigen Kathoden; die mittlere Lebensdauer dieser Röhren liegt bei 30 000 h. Hierdurch ist die Glühkathodenröhre auch hinsichtlich der Lebensdauer dem Selengleichrichter ebenbürtig, hat jedoch den für den Kinobetrieb erwünschten Vorteil, daß sie unempfindlich gegen Überspannungen ist.

Die Spezialfirma **Autola**, Stromrichter-Gerätebau Paul Lattermann, Hannover-S., stellt Selen-Gleichrichterge- räte für praktisch alle in Frage kommenden Leistungen zur **Speisung von Galvanik-Bädern** her. Während die Geräte für kleinere Leistungen neuerdings mit der verlustfrei und stufenlos arbeitenden Einknopfregelung ausgerüstet werden, werden die größeren Anlagen je nach Wunsch grob- oder feinstufig geregelt. Hinsichtlich der in vielen Fällen geforderten feinstufigen Regelung ist die Firma einen neuen Weg gegangen. Durch einen Auto- regel-Trafo vor dem eigent- lichen Gleichrichter-Transfor- mator in Verbindung mit einem Grob- und einem Fein- regelschalter ist es möglich geworden, mit verhältnismä- ßig wenig Stufen einen grö- ßeren Regelbereich feinstufig einzustellen. Bild 4 zeigt ein Gerät für 8 V, 3000 A mit einer solchen Doppelregelung. Während der Regelknopf auf der linken Seite der Front- platte die Möglichkeit bietet, in 5 Stufen von 1:1 V, also grob zwischen beispielsweise 4 und 8 V zu regeln, gestat- tet der rechte Regelschalter beispielsweise bei einer 5fa- chen Abstufung die Feinauf- teilung von 0,2 zu 0,2 V inner- halb einer Abstufung des



ETZ 550  
Bild 4. Gleichrichterge- rät mit Doppel- regelung.

linken Schalters. Ein Regelbereich von 50% der Ausgangs- spannung ist also mit Hilfe dieser beiden Schalter bereits durch zusammen 10 Stufen feinstufig überbrückt. Wollte man die gleiche Wirkung mit einem einzigen Stufenschalter erzielen, dann wäre ein 25stufiger Schalter notwendig.

Die schwierige Aufgabe, Autobatterien mit großem Strom schnell zu laden, ohne die Batterien zu schädigen, wird durch das **Schnell-Ladegerät** der **Wilhelm Zeh KG.**, Freiburg i. Br., einwandfrei gelöst, und zwar durch Regeln des Ladestromes in Abhängigkeit von der Zellenspannung der zu ladenden Batterie mittels eines automatischen Regel- gliedes. Man erreicht so einen günstigen Ladewirkungsgrad, eine normale Gasbildung in den Zellen sowie eine geringe Erwärmung des Elektrolyten. Dies bedeutet aber, und darin liegt der Fortschritt, daß eine Schnellladung dieser Art von



der Batterie ohne jede Schädigung ertragen wird. Die Ladezeit ist mittels eines eingebauten Ladezeitwärters zwischen 0 und 50 min einstellbar. Unabhängig davon schaltet sich das Gerät bei Erreichen eines bestimmten Mindestladestromes, der bei vollgeladener Batterie fließt, selbsttätig ab. Um Batterien normal vollzuladen wird das Gerät auf „Normalladung“ umgeschaltet. Hierbei wird der Ladestrom auf einen kleineren Wert begrenzt, außerdem wird der Ladezeitwart überbrückt, so daß sich das Gerät erst nach Vollaadung der Batterie selbst abschaltet. Der Ladestrom ist hierbei immer noch so groß, daß eine Batterie in etwa 2 bis 3 h vollgeladen ist. Das Gerät ist für Anschluß an Wechselstrom vorgesehen und zur Ladung von 6- und 12 V-Batterien geeignet.

Zum ersten Male tritt die Firma Walter Brandt G.m.b.H., Leopoldstal, mit nach eigenem Verfahren erzeugten **Selen-Gleichrichterplatten** an die Öffentlichkeit. Es werden die üblichen Plattenformen und Größen angeboten, so daß vom Rundfunk-Gleichrichter bis zum schweren Industrie-gleichrichter alle vorkommenden Plattensätze geliefert werden können. Das Fabrikationsverfahren beruht auf einer Eigenentwicklung und gewährleistet besonders gleichmäßige und hochwertige elektrische Eigenschaften der Gleichrichter-säulen. Auch auf dem Gebiet der **Industriegleichrichter** und **Batterieladegeräte** sind Neuentwicklungen ausgestellt, vor allem ein leicht zu bedienendes Batterieladegerät mit Einknopf-Bedienung für Batterien bis 12 V/10 A mit Überstromschutz und automatischer Abschaltung. Außerdem wird ein Schnellladegerät für Tankstellen mit einer Leistung von max. 80 A bei 12 V gezeigt. Es ist fahrbar und mit einer Batterieprüfeinrichtung, einer automatischen Abschaltung nach dem Ladezeit-System, Überstromabschaltung und einer Umschaltung auf normale Batterieladung versehen. Tiefentladene Kfz.-Batterien lassen sich mit dem Gerät nach Prüfung auf ihren Zustand innerhalb von 30 min zu etwa 70% aufladen (je nach Zustand und Alter der Batterien).

Auf Grund einer Entwicklung, die schon vor einem Jahrzehnt eingeleitet worden ist, können **Siemens & Halske** auf der Technischen Messe in Hannover als erste in Deutschland **völlig trocken isolierte Wandler** (Typ VGK) ausstellen und damit einer Forderung nachkommen, die aus Gründen der Betriebssicherheit schon seit langem gestellt worden ist. Bei der neuartigen Kunststoff-Quarz-Isolierung bilden der Isolierstoff mit seinen günstigen elektrischen und betrieblichen Eigenschaften und die Hochspannungswicklung einen zäh-elastischen, unhygroskopischen und formbeständigen Block. Dieser wird von den Leichtmetallschalen des auch in seiner äußeren Form neuartigen Wandlers umhüllt. Der zur Isolierung verwendete Kunststoff ist im Ausgangszustand dünnflüssiger als Wasser und wird bei mäßigen Temperaturen im Hochvakuum aufbereitet und eingefüllt. Infolge seiner Dünnflüssigkeit durchtränkt er die Wicklung und ihre Zwischenlagen so völlig, daß alle Hohlräume ausgefüllt werden. Die anschließende Polymerisation überführt den Isolierstoff allmählich in einen zäh-elastischen Endzustand in dem er, seinen homogenen Zusammenhang beibehaltend, die temperaturbedingten Volumenänderungen der Wicklungen mitmacht. Infolgedessen können keine Wärmespannungen und keine Risse oder Hohlräume entstehen. Der ausgehärtete Kunststoff ist unhygroskopisch und erwärmungsbeständig. Er wird auch bei hohen Temperaturen nicht wieder flüssig, kann also auch unter ungünstigen Umständen nicht auslaufen und sich außerhalb des Wandlers ausbreiten. Selbst wenn der Isolierstoff von einem Lichtbogen erfaßt werden sollte, brennt er nicht weiter, sobald der Lichtbogen abgeschaltet ist. Das hat ein gewaltsamer Zerstörungsversuch erwiesen an einem Wandler, dessen Sekundärwicklung durch einen massiven Kupfering ersetzt war. Bei 10 kV und 10 MVA-Kurzschlußleistung entstand in der zum Glühen gebrachten Primärwicklung ein Kurzschluß mit Lichtbogen von etwa 1000 A. Obwohl das Netz anschließend mehrfach abgeschaltet wurde, konnte der Isolierstoff nicht zur Entzündung und zum Brennen gebracht werden.

Der aus Wicklung und Isolierstoff bestehende Block ist außen mit einem auf Erdpotential liegenden artverwandten leitenden Belag überzogen, um ein Sprühen im Kernfenster mit Sicherheit zu vermeiden. Die Porzellanisolatoren sind mit ihrem unteren Ende, das vor einem Lichtbogen durch das Gehäuse geschützt ist, dauerhaft und elastisch in die Wicklungsisolation eingebettet. Die Wandler können in jeder

beliebiger Lage eingebaut werden. Geliefert werden sie zwei- und einpoliger isolierter Ausführung für die Reihe 3 bis 30. Auch von der Isolierung abgesehen, verkörpern neuen Trockenwandlungsgeräten einen hohen Entwicklungsstand. Die Primärwicklung ist so aufgebaut, daß die kapazitive Durchsteuerung und Spannungsverteilung bei Widerwellen sowie bei Stoß- und Schwingungsvorgängen durch induktiven Spannungsabbau bei Betriebsfrequenz entspricht. Die fest mit dem Kern verbundenen Leichtmetallschalen umschließen die Wicklungen und die infolgedessen plombierten Sekundärklemmen.

## Hochspannungsschalter

Die nunmehr fast 2 Jahrzehnte dauernde Vervollkommenung des Leistungsschalters mit Druckluftlöschung, hat bei **BBC-Druckluft-Schnellschalter** ihren Abschluß darin gefunden, daß die Konstruktion der Innenraumschalter Reihe 10 bis 30 vereinheitlicht und in technischer Hinsicht dem neuesten Stand der Forschung angepaßt wurde. Die bisher bewährte Unterteilung des Schalters in eine Druckluft-Löschkammer für die Leistungsabschaltung und in einen damit in Reihe liegenden Trennkontakt für die Isolation zwischen den Polen einer Phase und als sichtbare Trennstrecke wurde beibehalten. Der dadurch mögliche kleine Hub des Löschkontaktes und dessen kleine Maße ergeben den Vorzug kürzester Schaltereigenzeit. Alle Schalter haben einen zum Löschkontakt parallel geschalteten Dämpfungswiderstand der durch eine eingebaute Funkenstrecke ohne bewegliche Schaltkontakte nur durch die strömenden, ionisierten Gas zu- und abgeschaltet wird. Dieser Widerstand erhöht das Abschaltvermögen und vermeidet gefährliche Überspannungen beim Abschalten kleiner induktiver Ströme. Bei Entwicklung dieser neuen Schaltereinheitsreihe wurde auch an deren Eignung für die auch in Mittelspannungsanlagen sehr vorteilhafte Kurzschaltung (Kurzschluß-Fortschaltung) gearbeitet. Das Problem ist auf denkbar einfache Weise dadurch gelöst worden, daß bei Verwendung des Schalters für Kurzschaltung nur ein zweiter Druckluftbehälter notwendig ist, der auch nachträglich angebracht werden kann. Dieser Zusatzbehälter berücksichtigt den bei Kurzschaltung (Schnellwiedereinschaltung) erforderlichen größeren Luftvorrat. Die neuen Druckluftschnellschalter werden künftig für Reihe 10 ... 30 für Nennströme 600 ... 4000 A und für Nennabschaltvermögen 200 ... 1000 MVA gebaut.

Obwohl sich der ölfreie, mit selbsterzeugter Druckluft arbeitende **BBC-Leistungstrennschalter** seit mehreren Jahren bestens bewährt, wurde seine Konstruktion dadurch vervollkommen, daß sich nicht nur der Ausschaltvorgang als Schnellschaltung unabhängig vom Bedienernden vollzieht. Weiterhin können jetzt Auslösemagnet oder Spannungsrückgangsmagnet, thermische Auslöser und die dem Normentwurf DIN 43 625 entsprechenden Hochspannungs-Hochleistungsicherungen angebaut werden, wobei beim Durchschmelzen einer Patrone der Schalter selbsttätig ausgeschaltet wird. Dieser Leistungstrennschalter wird für Reihe 10 und 20 mit Nennstrom 400 A und mit einem Nennabschaltvermögen von 12 bzw. 16 MVA hergestellt. Seine Anwendung als Lasttrenner in Stich- und Ringleitungen, als kombinierte Trenn- und Leistungsschalter für kleine Umspanner usw. hat sich auch wirtschaftlich als vorteilhaft erwiesen.

Auch einen neuen **Druckluft-Umkehrschalter** (10 kV, 400 A) für Umkehrantriebe, wie Fördermaschinen, Hespel u. dgl. zeigt **BBC** (Bild 5). Wie beim **Druckluft-Schnellschalter** wird der Strom in einer Löschkammer bei kleinem Kontakthub und starker Beblaspung des Lichtbogens im Augenblick des Nulldurchganges unterbrochen. Die Abtrennung vom Netz erfolgt stromlos durch in Reihe geschaltete Trennkontakte. Die Löschkontakte bleiben selbst in Betrieben mit rd. 3 000 Schaltungen je Tag jahrelang ohne Auswechslung brauchbar. Die Betätigung erfolgt elektropneumatisch.

Die **Siemens-Schuckertwerke** zeigen auf ihrem Stand im Freigelände ihre **Expansionschalter** für Freiluftschaltanlagen für 600 A, Reihe 60 und 110, 1000 bzw. 2000 MVA Ausschaltleistung und einen besonderen, für das Ausland neu entwickelten 150 kV-Schalter für 2500 MVA (Bild 6). Sämtliche Schalter haben je Phase nur eine Säule und eine Unterbrechungsstelle. Neuartig ist die Verwendung eines Spindelantriebes für die Bewegung des Schaltstiftes des 150 kV-Schalters, der im Inneren der Schaltsäule angeordnet ist.



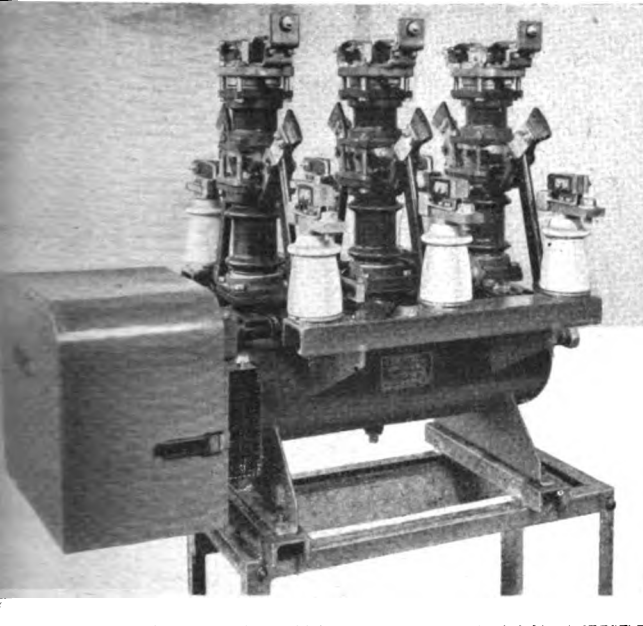


Bild 5. Druckluft-Umkehrschalter für Wechselstrom.

Bild 7. Ölströmungsschalter 10 kV, 600 A, 300 MVA.

Das Modell eines 220 kV-Schalters zeigt die Weiterentwicklung der Expansionschalter für Höchstspannungen. Ferner sind je ein Pol eines 110 kV-Trennschalters für 600 A mit Druckluftantrieben ausgestellt, von denen der eine als Gemeinschaftstrenner eine Weiterentwicklung der bisherigen Bauarten darstellt. Neuartig ist die Strombahn und die Verwendung normaler auswechselbarer Stützer für die Trennschalter. Die zweite Ausführung zeigt einen neuartigen Trennschalter, dessen Stützer im Winkel zueinander stehen und es ermöglichen, sich kreuzende Leitungen ohne besondere Abspanngerüste an den Schalterklemmen zu befestigen. Infolge der geringen Abmessungen des Schaltersockels sind Anlagen mit diesen Trennschaltern besonders raumsparend.

Als weitere Neuerung zeigen die SSW eine stahlblechgekapselte Transformatorstation in Baukastenform, die mit normalen Innenraum-Schaltgeräten ausgerüstet, werkstoffartig erstellt wird. Hergestellt werden diese Stationen für Leistungen bis 400 kVA und Nennspannungen bis 20 kV. Weitere Hochspannungs-Schaltgeräte werden auf dem Siemens-Stand in der Europa-Halle gezeigt. Besonders erwähnenswert ist eine Hochspannungs-Schaltanlage mit Doppelsammelschienen Reihe 10, 400 A, 100 MVA mit drei Normalzellen, die sämtlich mit Rillenisolatoren ausgestattet sind<sup>1</sup>. Die Leistungsschalter und Trennschalter werden im Zusammenhang mit einer Fernsteueranlage vorgeführt. Die in die Schaltzellen eingebauten Druckluft-Steuergeräte sorgen für einen einwandfreien Schaltfehlerschutz.

Die von Calor-Emag, Ratingen, bereits in den letzten Jahre gezeigten Hochspannungs-Leistungsschalter in der Ausführung der Ölströmungsschalter sind weiterhin verbessert worden. Die in Porzellandurchführungen eingebauten Polteile sitzen in einem gemeinsamen Rahmen, der gleichzeitig auch den Antrieb enthält. Die Type LO wird für 10 und 20 kV Betriebsspannung gezeigt, und zwar für 400 A Nennstrom mit 100 MVA Abschaltleistung bei 10 kV und 200 MVA bei 20 kV. Bei der Type LOS ist der Rahmen schrankartig ausgebildet, in dem Schrankteil ist der gesamte Antriebs- und Auslösemechanismus untergebracht. Bei allen Antrieben wird ein- und ausgeschaltet durch voneinander unabhängige Federn, die gewöhnlich von Hand, jedoch auch mittels Motor gespannt werden können. Die Schalter der Type LOS werden für den Nennstrom 600 A und Abschaltleistungen von 200 und 300 MVA bei 10 kV Betriebsspannung gezeigt (Bild 7). Leistungs-Ölströmungsschalter der Typen LO und LOS haben sich in der Elektrizitätsversorgung und in der Industrie bewährt. Besonders zu erwähnen ist auch ihre Eignung zum Schalten von Kondensatoren.

Neben Stützen und Durchführungen in gekitteter und kittloser Ausführung werden von Calor-Emag Hubtrensicherungen und Sicherungsunterteile gezeigt.

Eine besondere Neuerung der Calor-Emag ist das Hochspannungs-Schaltfeld mit ausfahrbaren Geräten (Bild 8). In der Zelle befinden sich ortsfest nur die Sammelschienen und Kabelendverschlüsse sowie die feststehenden Teile von Stromschlußstücken, während alle Schalt- und Hilfsgeräte auf Wagen angeordnet sind. Die Zelle wird bei ein- oder ausgefahrenem Wagen durch eine Tür verschlossen. Die Sammelschienen sind mit Hartpapier umpreßt. Auf den Wagen befinden sich Leistungsschalter, Wandler, Relais, Instrumente und Steuergeräte. Wahlweise können Leistungstrennschalter, Lastschalter mit Sicherungen oder andere Geräte eingebaut werden. Die Ver-

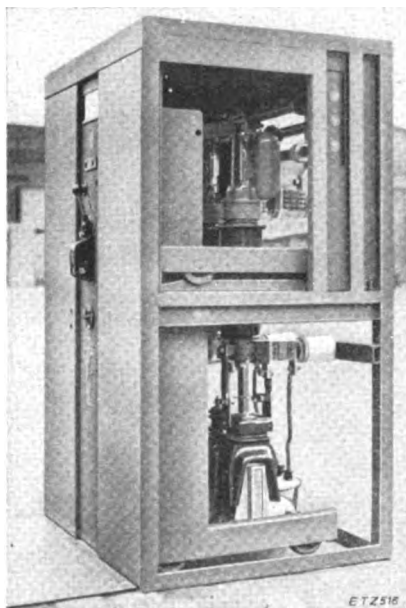
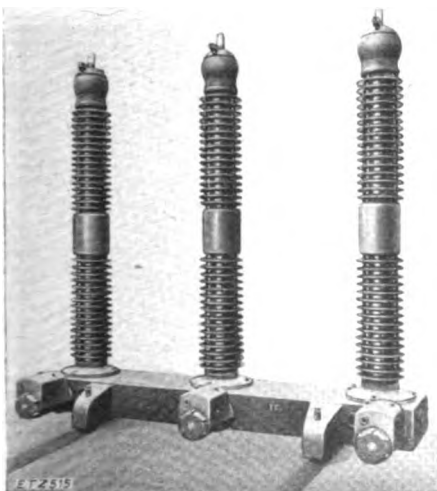


Bild 6. Dreipoliger Freiluft-Expansionschalter für 150 kV, 600 A mit 3 Druckluftantrieben.

Bild 8. Gekapseltes Hochspannungs-Schaltfeld für 10 kV mit ausfahrbarer Schalteinrichtung.

<sup>1</sup> Vgl. M. Reiske: ETZ 72 (1951) H. 4, S. 105.

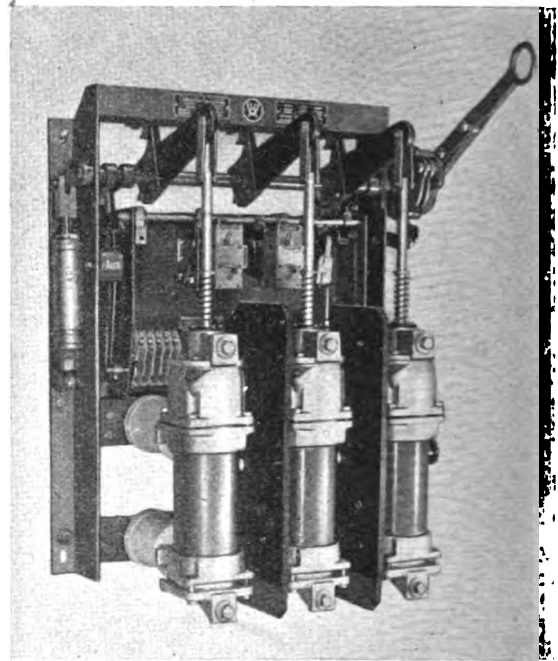
bindung zwischen dem feststehenden Teil der Anlage und dem Wagen mit seinen Schaltgeräten wird durch Stromschlußstücke hergestellt. Das Ein- und Ausfahren ist bei geschlossenem Leistungsschalter unmöglich; in dem ausgefahrenen Wagen sind alle Teile ohne Gefahr leicht zugänglich. Die Wagen sind austauschbar. Sitzrollen gewährleisten einwandfreie Führung des Wagens in der Zelle, so daß die Stromschlußstücke sicher passen. Transportrollen unter dem ausfahrbaren Teil dienen zur Beförderung außerhalb der Zelle ohne Hilfsmittel. Erdungskontakte legen die Schalteinrichtung an die Erdleitung, bevor sich die Stromschlußstücke bei dem Einfahren berühren. Hilfsleitungen für Fernsteuerungen und Messungen werden beim Ein- und Ausfahren der Schalteinrichtung zwangsläufig angeschlossen bzw. unterbrochen. Ausfahrbare Wagen gleicher Art sind auch für Meßfelder mit Wandlern, Instrumenten und Zählern verwendbar. Jede gewünschte Schaltung des Wagens wird angefertigt.

In Mittelspannungsnetzen zeichnet sich eine zunehmende Tendenz ab, die Kurzschaltung einzuführen. Dieser Tendenz Rechnung tragend, entwickelte die Voigt & Haeffner A. G., Frankfurt a. M., **Druckausgleichsschalter für Kurztrennung**. Es gelang, für diese Zwecke normale Geräte heranzuziehen unter Verwendung einer einfachen Antriebssteuerung und einer geringfügig abgeänderten Freiauslösung. Damit ist eine einstellbare Trennzeit von 0,18 ... 0,3 s möglich. Die für Kurztrennung verlangte Gesamtstörzeit von 0,3 s wird daher sicher erreicht. Innerhalb der Trennzeit muß sich die Löschkammer nach dem Abschalten der Störungsursache zu rechnen ist. Daher wird die V & H-Ringspalt-Strömungslöschkammer benutzt, deren Differentialkolben ein besonderes Pumpventil erhielt zwecks sehr rascher Füllung. Die Schalter mit Kurzunterbrechung werden zunächst für die Reihen 10 und 20 in der Bauart LAM für 600 A Nennstrom und 200 MVA gebaut, sowie in der Bauart LAD für 1000 A Nennstrom und 400 MVA (Bild 9).

Die Druckausgleichsschalter von V & H schlossen bisher nach unten mit einem Abschaltvermögen von 100 MVA ab. Infolge ihres soliden Aufbaues und des durch die große Leistung bedingten Preises waren diese Geräte für den Einsatz in Ausläuferstationen und Netzen mit geringer Kurzschlußleistung zu wertvoll. Deshalb wurde ein **Druckausgleichsschalter in Leichtbauart**, zunächst für Reihe 10, 400 A und 50 MVA entwickelt. Wie aus Bild 10 zu ersehen ist, besitzt der neue Schalter wesentlich kleinere Abmessungen als die bisher kleinste Bauart für 100 MVA. Dementsprechend sind auch die Löschkammern konstruktiv einfacher. Sie wurden so bemessen, daß sie bei kleinen Strömen sicher ansprechen.

Der Schalter besteht aus 3 unmittelbar auf einem gemeinsamen Grundrahmen befestigten Polen mit dazwischen befindlichen Trennwänden. Die aus Hartpapier hergestellten Schalterrohre sind kittlos mit den Befestigungsflanschen verbunden und umschließen in ihrem unteren Teil die Strömungslöschkammern. Den oberen Abschluß der Schalterrohre bilden Silumin-Gußkappen, in welchen ein federnder Schleifkontakt zur Führung des Schaltstiftes und zur Stromübertragung untergebracht ist. Ein Blechgehäuse im Grundrahmen nimmt Auslöseorgane und Hilfsschalter für Melde- und Verriegelungszwecke auf. Neuartig ist das leichte aus Stanzteilen bestehende Klinkenschloß, das sich am Schalterrahmen abstützt, so daß es möglich ist, den Schalter auch unmittelbar mit einer Schaltstange mittels eines Ringhebels zu betätigen. Darüber hinaus kann aber auch ein Gestängeantrieb vorgesehen werden.

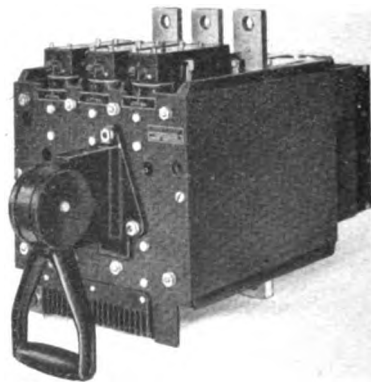
Der neuartige Aufbau der von den Siemens-Schuckertwerken entwickelten **Selbstschalter** für



ETZ 591  
Bild 10. Druckausgleichsschalter, Rh. 10, 400 A, 50 MVA.

1000 ... 3000 A für Spannungen bis 1000 V Wechsel- und 1200 V Gleichspannung bringt für den Schaltanlagenbau neue Gesichtspunkte und wesentliche Ersparnisse an Raum und Werkstoff. Die Schalter (Bild 11) eignen sich als Maschinen- und Verteilerschalter sowie als Überlastungsschalter im besonderen Maße für den Einbau in Netze mit hohen Kurzschlußströmen. Das Schaltvermögen beträgt 50 000 A. Bei Wechselstrom ist dies der Effektivwert des Stoßkurzschluß-Stromes. Die beim Schalten von Wechselströmen dieser Höhe auftretenden Gleichstromglieder werden ebenfalls sicher unterbrochen.

Die Schaltstücke für die Führung des Dauerstromes sind aus Silberrollen ausgeführt. Besondere Lichtbogenstättstücke übernehmen die Stromunterbrechung. Eine magnetische Kontaktdruckverstärkung verhindert bei Kurzschluß ein Abheben der Schaltstücke. Neuartig sind die Lichtbogenkammern mit Löschblechen und elektromagnetischer Blasung, welche eine schnelle und sichere Unterbrechung der Kurzschlußströme. Für den Überlastungsschutz werden die Schalter mit stromabhängig verzögertem Bimetallrelais versehen. Den Kurzschlußschutz übernehmen Überstrom Schnellauslöser. Ferner werden die Schalter mit Spannung Rückgangs- und Spannungsauslösern für Arbeitsstrom ausgerüstet. Die Schalter können mit Handantrieb in Stehbügelform und mit Gestängehebelantrieb geliefert werden. Für Fernantrieb steht ein Motor sowie Druckluftspeisung bis 5 atü zur Verfügung. Die verschiedenen Antriebe sind leicht gegeneinander auswechselbar.



ETZ 594  
Bild 11. Selbstschalter für 1000 A und bis 1000 V Wechselspannung.

Bei den **Hebelschaltern** der Calor-Emag, Ratingen, von 200 ... 3000 A Nennstrom in einpoliger und dreipoliger Ausführung sind besonders die Schalter mit **Punktkontakten** zu erwähnen, an denen sehr günstige Kontaktverhältnisse und niedrige Erwärmung erzielt wurden. Die dreipoligen **Lastschalter** für 25, 60 und 100 A mit doppelter Unterbrechung

### Niederspannungs-Schaltgeräte

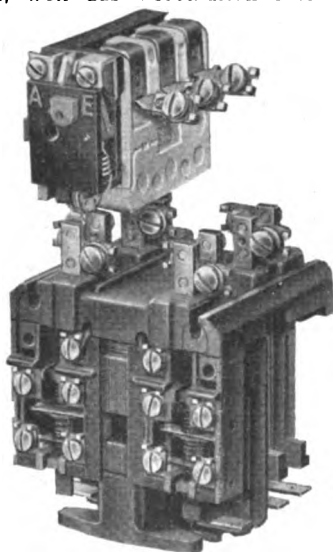
Bei den **Hebelschaltern** der Calor-Emag, Ratingen, von 200 ... 3000 A Nennstrom in einpoliger und dreipoliger Ausführung sind besonders die Schalter mit **Punktkontakten** zu erwähnen, an denen sehr günstige Kontaktverhältnisse und niedrige Erwärmung erzielt wurden. Die dreipoligen **Lastschalter** für 25, 60 und 100 A mit doppelter Unterbrechung

schaltung und getrennten Schaltkammern sind in ihrer elektrischen und mechanischen Eigenschaften weiter verbessert worden. Die bereits im vorigen Jahr gezeigten Luftschütze mit Gummilagerung in den Größen 6, 10 und 15 haben sich in den Betrieben bewährt. Der Vorteil der Schütze mit Gummilagerung gegenüber den früher hergestellten Schützen dieser Größen mit Pfannenlagerung besteht in der wirksamen Schwingungsdämpfung. Luftschütze der Größe 6 und 60 genügen in ihrer robusten Bauweise den schwersten Beanspruchungen.

Besonders leistungsfähig ist die Calor-Emag auch auf den Gebieten der schlagwetter- und explosionsgeschützten Schaltgeräte. Es werden außer den Einzelgeräten komplette schlagwettergeschützte Anlagen geliefert. Besonders bewährt hat sich der jetzt bei allen schlagwettergeschützten Schaltgeräten verwendete patentierte Deckelschnellverschluss, der ein bequemes und schnelles Öffnen des Deckels gestattet, wobei gleichzeitig mit dem Deckelverschluss die Deckelverriegelung betätigt wird. Als Beispiel wird ein schlagwettergeschütztes Feld gezeigt, bestehend aus Stahlblech-Sammelstufenkasten, Trennungsschalter und Luftschütz Größe 10 mit einem über Regelstromwandler gespeisten thermischen lais in druckfestem Silumingehäuse.

Neben den DEMAG-VerschiebeankerMotoren finden sich auf dem Stande dieser Firma die Aufzugsschütze Bauart "Morse", eine Weiterentwicklung der seit Jahrzehnten beliebten Konstruktion mit hoher Lebensdauer, großer elektrischer Zuverlässigkeit und geräuschloser Arbeitsweise. Mit den drei Ausführungsformen für 30, 60 und 100 A können alle Erfordernisse der Praxis erfüllt werden. Als technische Einzelheiten sind zu nennen: Zweistufige Oldämpfung unterdrückt den Schlag beim Schließen des Magneten. Die Oldämpfung ist stetig regelbar und weitgehend unabhängig von der Temperatur. Ein Schwingmassenausgleich reduziert das Brummen während des Schaltens auf ein Minimum. Große Kontaktflächen bedingen einen geringeren Kontaktdruck und somit geräuschloseres Arbeiten. Die Kontakte bestehen aus versilbertem Kupfer und Bronzekohle. Die größte Schütztype ist mit elektromagnetischer Blasingerüstet.

Die handbetätigten Motorschutzschalter PKZ 2 und 3 von Klöckner-Moeller, Bonn, verzichten bewußt auf den Abbau eines Schnellauslösers, weil das Vorschalten einer Sicherung in den meisten Fällen doch notwendig ist. Hieran verhältnismäßig wenigen Stellen ist es möglich, die Verwendung von Motorschutzschaltern mit Schnelllösung auf eine Sicherung zu verzichten. Diese Schalter müssen zudem noch jeweils eingehend unterrichtet werden. Das Haupttätigkeitsgebiet der Firma liegt jedoch nach wie vor bei den Schützen, deren Entwicklung sich im vergangenen Jahr weitergetrieben wurde (Bild 11). Das Grundgerät, aus welchem die Schützen DIL 1, DIL 3a und DIL 3 aufgebaut sind, wurde durch Verbesserung seiner Kontaktkonstruktion wesentlich in der Leistung gesteigert und trotzdem in den Abmessungen etwas verkleinert. Die Schaltleistung dieser Type reicht jetzt für Motoren von maximal 11 kW bei 380 V, man kommt also für die häufigsten Motoren mit einer Grundtype aus. Bei der Umstrukturierung wurde außerdem die Anschlußmöglichkeit insbesondere der Hilfsschalter — durch Vorziehen derselben entscheidend verbessert (Bild 13). Es sind jetzt insgesamt 4 Hilfsschalter vorhanden, welche auch für kommutierte Steuerungen ausreichen. Die Gehäuse der neueren Geräte haben die bei der Klöckner-Moeller übliche Ausführung in stoß- und bruchfestem Isolierpreßstoff. Außerdem sind Schützkonstruktionen ausgestellt, die ganz neuartige

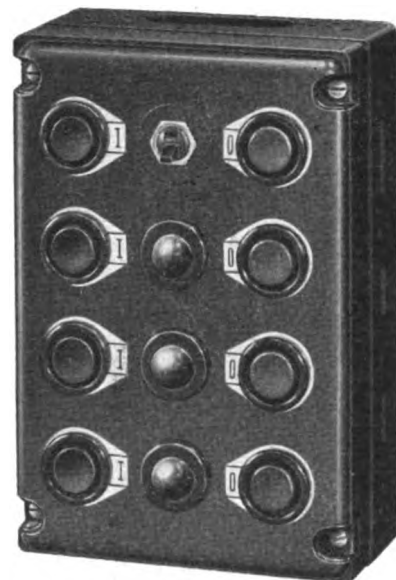


ETZ 551  
Bild 12. Schütz mit aufgebautem thermischen Auslöser; Funkschutzkappe abgenommen.

Wege beschreiten. Um einen hohen Kontaktdruck zu erhalten und die Zugkraftkurve des Magneten besser auszunutzen, wird die bewegliche Kontaktbrücke über ein Kniehebelgelenk angetrieben. In jeder Strombahn sind 4 Unterbrechungsstellen vorgesehen. Die dadurch auf kleinstem Raum erzielte Schaltleistung ist deshalb außerordentlich hoch. Die Schaltstücke sind aus Reinsilber.

Auf dem wichtigen Gebiete der Betätigungsgeräte für Schützen wird das reichhaltige Programm der Firma gezeigt. Bei Steuerungen von Werkzeugmaschinen ist es bei Druckknopftafeln oftmals notwendig, neben den Betätigungstastern für die verschiedenen Schaltvorgänge auch Schalter mit Dauerkontaktgabe zu haben. Es wurde deshalb die Möglichkeit zum Einbauen von kleinen Kippschaltern in die Druckknopfgehäuse AK und in die Druckknopfsammeltafeln DSKL entwickelt, die im Bedarfsfall als Aus- oder Umschalter verwendet werden können (Bild 14). Diese Schalter können in den Gehäusen mit Glimmlampen und Druckknöpfen in beliebiger Weise zusammengebaut werden.

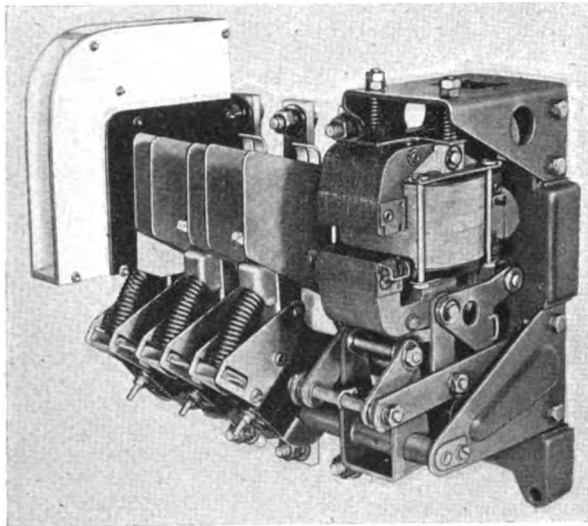
Die Anwendung der Schaltgeräte wird an einer Reihe von vorbildlich ausgerüsteten Maschinen, an Schaltständen für Werkzeugmaschinen und sonstige Steuerungsaufgaben gezeigt. Alle für den Anschluß und den Betrieb des Schrankes notwendigen Teile sind unter einer Tür vereinigt. Diese ist mit dem Hauptschalter des Schrankes verriegelt und kann nur bei gezogenem Hauptschalter geöffnet werden. Da die ankommenden Leitungen auch bei ausgeschaltetem Hauptschalter unter Spannung stehen, ist dieser nochmals gesondert gegen unbeabsichtigte Berührung geschützt. Der Sicherheit des Bedienungs-personals wird also in vorbildlicher Weise Rechnung getragen. Der übrige Teil des Schrankes, welcher die eigentliche Steuerung enthält, ist fest verschraubt und braucht weder bei der Montage des Schrankes noch beim Anschluß geöffnet werden, da die Geräte der Fa. Klöckner-Moeller ohne Wartung einwandfrei arbeiten.



ETZ 553  
Bild 14. Druckknopf-Sammelkasten mit eingebautem Kippschalter.

Die vielseitigen Ansprüche, die an moderne Schütze gestellt werden, führten bei der Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M., zur Entwicklung einer neuen Schützenreihe, die in den Stufen 40 Z, 60 Z, 100 Z, 200 Z und 400 Z geliefert wird. Eine Weiterentwicklung für die Stufen 25 Z, 600 Z und 1000 Z wird vorbereitet. Die Kennzahlen entsprechen ungefähr der zulässigen Dauerstromstärke. Bei der Auswahl von Schützen sind jedoch die vorliegenden elektrischen Verhältnisse unter Zuhilfenahme einer von Voigt & Haeffner herausgegebenen Kennlinie zu berücksichtigen. Verwendbar sind die Schütze bis 500 V Drehstrom. Darüber hinaus sind sie auch für Gleichstrom zu benutzen. Der grundsätzliche Aufbau dieser Schützenreihe geht aus Bild 15 hervor.

Die Konstruktion der Schütze ist auf den Einsatz unter schweren Betriebsbedingungen abgestellt. So sind die einzelnen Stufen in der Lage, die hohe Einschaltstromspitze, die beim direkten Einschalten von Käfigläufer-Motoren auftritt, zu bewältigen. Das Abschaltvermögen gestattet die Abschaltung festgebremster Motoren. Die in Steuerungen oft auftretenden Tippschaltungen sind kurz hintereinander



ETZ 556

Bild 15. Luftschütz 400 Z.

des öfteren zulässig. Mit Rücksicht auf den möglichen Einsatz unter den vorgenannten Bedingungen bleibt die Lebensdauer in mechanischer und elektrischer Hinsicht in zulässigen Grenzen. Der in E-Form ausgebildete Magnet ist bis zur Größe 40 Z wie üblich unterhalb der Schaltstücke, jedoch bei den darüber liegenden Stufen seitlich angeordnet. Während bei den Typen unter 400 Z eine starre Verbindung mit der Schaltwelle besteht, ist bei denen ab 400 Z aufwärts ein Kniegelenk zwischengeschaltet.

Die Zugkraft des Magneten und die Federkräfte sind so aufeinander abgestimmt, daß das Schütz stets vollständig einschaltet, wenn der Schützenanker sich einmal in Bewegung gesetzt hat. Sinngemäß geht dieser Vorgang auch bei langsam abfallender Spannung vor sich. Dies verleiht den Schützen eine erhöhte Sicherheit gegen Schweißen der Schaltstücke bei schwankenden Spannungen. Eine elastische und verstellbare Lagerung der Magnete gestattet ein Einspielen der beiden Magnethälften aufeinander und ein einfaches Einstellen. Die unter hohem Kontaktdruck stehenden, aus besonders hartem Werkstoff hergestellten Schaltstücke gewährleisten stets einen geringen Übergangswiderstand. Das hohe Schaltvermögen wird erreicht durch eingebaute Blasspulen.

Zum Schutze von Motoren können die Schütze thermische Auslöserelais erhalten: bis zu 60 A direkt wirkende Bimetallrelais, für größere Ströme Wandler.

In dem Bestreben, den vielen kleinen Motoranlagen einen Motorschutz zu geben und das Gerät von vornherein der Größe und dem Preis der Anlage anzupassen, entwickelte V & H den **Klein-Motorschutzschalter Ct**, der inzwischen in der Praxis guten Eingang gefunden hat. Das Gerät wird jetzt auch in Leichtmetallgehäuse mit Schwenkgriff und Feuchtraumstutzen (Bild 5) sowie mit Frontplatte für versenkten Einbau hergestellt. Neben vielen anderen Zwecken ist dieser kleine leistungsfähige Schalter bei kleinen Werkzeugmaschinen, Büromaschinen, Aufbereitungsmaschinen für die Lebensmittel-Industrie und auch bei Nähmaschinen mit elektrischem Antrieb verwandt worden.

Zur Begrenzung des Kurzschlußstromes wurde ein besonderes 3-pol. **Kleinsicherungskästchen 6 SK** mit auswechselbaren Schmelzeinsätzen entwickelt.

Aus dem umfangreichen Gebiet der **Paketschalter** sei besonders die explosionsgeschützte Ausführung für 10 und 25 A (Bild 17) erwähnt, die als ein- und mehrpolige Ausschalt-



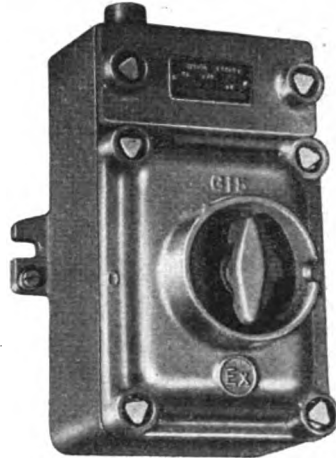
ETZ 555

Bild 16. Klein-Motorschutzschalter in Leichtmetallgehäuse.

ter und in den üblichen Umschaltungen mit Zu- und Abtungen an einer oder zwei Seiten gefertigt wird.

Die Gebr. F. r. e. d. e. K. G., Westkirchen i. W., zeigt seit Jahren bekannten „Condor“-Druck- und Schwimmschalter in unveränderter Ausführung.

Die seit Jahren auf dem Markt befindlichen **ED-Heizregelschalter** von Ernst Dreelfs, Unterrodach/Ofr.,

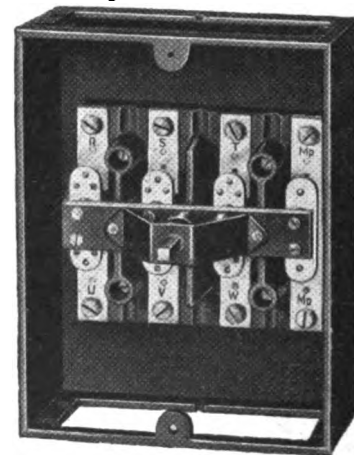


ETZ 554

Bild 17. Paketschalter für 25 A.

Elektroherd usw. eine Signallampe eingebaut werden kann die aufleuchtet, so lange noch ein Stromkreis eingeschaltet ist.

Als **Lastschalter** in Form von Ausschaltern mit und ohne Sicherungen sowie Netzumschalter werden heute fast durchweg noch Hebelschalter verwendet. Sie haben den Nachteil, daß sie verhältnismäßig große Schaltkräfte benötigen, weiterhin können beim Ausschalten Brandperlen entstehen, eine Stauchwirkung beim Wiedereinschalten hervorgerufen. Auch können die Rückzugkräfte eines Hebelschalters nicht so stark gewählt werden, daß die Messer des Schalters nicht



ETZ 557

Bild 18. Lastschalter, nach Testschalterprinzip.

zurückgezogen werden, wenn nicht vollständig eingeschaltet (durchgeschaltet) ist. Dadurch kann der Schalter ohne weiteres auf einer Zwischenstellung verharren. Die **Starkstrom-Schaltergerätefabrik, Gummersbach-Niedernbach (Rhld.)**, hat nun ein Lastschalter aufgebaut, der auf dem Prinzip des Testschalters beruht (Bild 18). Die feststehenden Kontaktbrücken bestehen aus versilbertem Kupfer und die beweglichen aus versilbertem Kupfer mit Silbernieten. Da im Kontaktsystem keine Reibung auftritt, braucht nur die Druckkraft (Kontaktlast) und die Rückdruck-Federkraft beim Einschalten überwunden zu werden. Durch die dynamische Wirkung des Stroms beim Abschalten springt der Lichtbogen vom Silberniet auf die versilberte Kupferbrücke. Die Silbernieten werden geschont und ebenso die Gegenflächen der feststehenden Kontakte.

Dauerversuche über 4 Monate haben gezeigt, daß die Temperaturen an den Kontakten weit unter der zulässigen Grenztemperatur nach den VDE-Vorschriften liegen. Schalter nach diesem Prinzip wurden für 100, 200, 400 und 600 A aufgebaut. Sie können als Ausschalter mit und ohne Sicherungen und als Netzumschalter geliefert werden. Der bewegliche Kontaktapparat wird durch eine Schnecke geführt, die so gestaltet ist, daß der Schalter in die 0-Stellung springt, wenn er nicht in seine Betriebsstellung durchgeschaltet wird.

Außerdem hat die Starkstrom-Schaltergerätefabrik ein für Werkzeugmaschinen besonders geeignetes **handbetätigtes Schalter** für die verschiedenen Schaltmöglichkeiten aufgebaut, der eine hohe Schalthäufigkeit bei langer Gesam-



bensdauer, höher als die durchschnittliche Schützenlebensdauer, zuläßt. Die Grenzabschaltleistung dieser Geräte ist außerordentlich hoch, so daß im Verhältnis zur Größe des Gerätes der zu schaltende Motor als Kurzschlußläufer sehr groß sein darf. Dieses Gerät kann durch seinen Aufbau nach dem aukastensprinzip den verschiedenen Verhältnissen hinsichtlich der Abmessungen gut angepaßt werden.

Die hohe mechanische Lebensdauer beruht auf der Vermeidung reibender Teile, und wo ein Gleiten nicht zu vermeiden war, wurde Stahl gegen plastischen Werkstoff verwendet. Das Gerät wird als Einbauschalter mit und ohne Frontplatten sowie auch in Gehäusen geliefert.

Die selbsttätigen **Kompressorsteuerungen** der Firma **Hundt & Weber GmbH., Geisweid**, sind mit ihrem pneumatisch-elektrischen Prinzip und der kräftigen Bauart ein automatisches Anlaßgerät, das in Kompressoranlagen die wirtschaftliche aussetzende Arbeitsweise ermöglicht. Selbst bei großen Motorleistungen werden nur kleine Hilfsschütze verwendet, die lediglich Ventile steuern. Die eigentliche Schaltleistung übernehmen die mechanisch-pneumatisch geueerten und mit großer Geschwindigkeit schaltenden Kontaktmesser, die praktisch lichtbogenfrei schalten. Die Steuerungen für Schleifringläufer-Motoren, die hauptsächlich für schwer anlaufende Antriebe mit größeren Schwungmassen gebraucht werden, und die Steuerungen für Gleichstrom erhalten eine Kontaktbahn mit Vor- und Hauptkontakten, über die eine Kontaktbrücke gleitet und die Widerstandsstufen abhält. Die Konstruktion der Steuerungen ermöglicht entlasteten Hochlauf beim Anfahren und ebenso entlasteten Auslauf nach Erreichen des Höchstdruckes vor dem Abschalten. Ein Sicherheitsventil verhindert schleichendes Schalten bei Stern dreieckanlauf und bei direktem Einschalten, wenn der Druck zu niedrig ist.

Bei den **Schaltwalzen- und Stern dreieck-Anlassern** der Firma **Hundt & Weber** sowie bei den Umkehr-Steueranlagen ist besonders die Fingerkonstruktion zu erwähnen. Mit Rücksicht auf die notwendige Erneuerung der Schleifstücke und die bei allen Konstruktionen damit verbundenen Arbeiten im Innern dieser Anlaßgeräte mit Werkzeugen wird der Finger für größere Stromstärken zweiteilig ausgeführt. Der Fingerarm mit dem Schleifstück kann leicht und ohne das Werkzeug durch Schwenken um etwa 45° aus dem Halbröckchen ausgeklinkt werden. Ebenso einfach ist das Einlinken des Ersatzfingerarmes.

Die von den **Siemens-Schuckertwerken** entwickelten **Niederspannungs-Hochleistungssicherungen** sind als Ergebnis umfangreicher physikalischer Untersuchungen über die Lichtbogensvorgänge in einer Sicherung. Der Zündvorgang erzwingt eine gleichmäßige Verteilung des Lichtbogens auf die im Inneren der Sicherung vorhandenen, in Löschsand eingebetteten Einzelleiter. Dadurch wird der Löschvorgang optimal gesteuert und die Niederspannungs-Hochleistungssicherung befähigt, auch sehr hohe Kurzschlüsse ohne Zerstörung der Sicherung zu unterbrechen. Die Zinnbrücke löst bei Überlastungen beim Erreichen der Schmelztemperatur physikalische Vorgänge im Zinn aus und bewirkt eine sehr schnelle Abtrennung der überlasteten Leitung. Die Zinnbrücke ist im Inneren der Sicherung an der Stelle der höchsten Erwärmung angeordnet und arbeitet daher weitgehend unabhängig von den Schwankungen der Umgebungstemperatur. Die Temperatur in den übrigen Teilen der Sicherung bleibt daher niedrig. Der Strompfad hat keine Verschraubungen, also einen gleichbleibend niedrigen Übergangswiderstand. Die Anzeigevorrichtung besteht aus einem nach dem Ansprechen der Sicherung weit aus der Kontaktplatte herausragenden, rot gefärbten Anzeigeknopf. Die neuen Sicherungen werden in drei Größen und in den Stromstärken 25 bis 600 A geliefert.

### Elektrowärmetechnik

Die **Himmelwerk A.G., Tübingen**, zeigt auf der technischen Messe **Hochfrequenzgeneratoren** für kapazitive Erwärmung, die besonders für die Vorwärmung von Preßmasse eingerichtet sind. Die neu entwickelte Typenreihe umfaßt Generatoren von 0,5 ... 2,5 kW Hochfrequenzleistung. Die Beschickung mit Preßmasse von etwa 150 bis 800 g Einzelnutgewicht beträgt die Anwärmezeit etwa 1 min. Durch besondere Ausbildung der Regelung sind die Generatoren kurzlaufsicher und passen sich automatisch den jeweiligen Lastverhältnissen an (DRPa). Die neuesten Vorschriften des Hochfrequenzgesetzes wurden beachtet.

Auf Grund ihrer in zahlreichen Anlagen gesammelten Erfahrungen haben die **Siemens-Schuckertwerke** einen **Hochfrequenzgenerator** kleinerer Leistung für die kapazitive Erwärmung entwickelt, der sehr vielseitig verwendet werden kann. Seine Hochfrequenz-Dauerleistung beträgt bei einer Frequenz von etwa 100 MHz 500 W. Das Gerät ist mit einem Hochspannungs-Trockengleichrichter ausgerüstet, die bei Quecksilberdampf-Gleichrichtern erforderliche Vorheizzeit fällt aber weg, so daß das Gerät sofort nach dem Einlegen des Hauptschalters betriebsbereit ist. Der Gitterstrom wird selbsttätig geregelt, so daß der Generator ohne besonderen Bedienungseingriff im Bereich zwischen Leerlauf und Vollast betrieben werden kann. Überlastung schaltet das Gerät durch ein Überstromrelais selbsttätig ab. Durch die Gitterstromregelung in Verbindung mit dem Überstromrelais sind die Generatorröhren weitgehend vor Beschädigungen geschützt.

Der Ausgang des Gerätes ist sowohl für Behandlungsvorrichtungen mit zwei gegen Erde isolierten Elektroden (erdsymmetrischer Aufbau) als auch für solche mit einer isolierten und einer geerdeten Elektrode eingerichtet. In diesem Fall wird zur Verbindung zwischen Generator und Behandlungsteil ein konzentrisches Hochfrequenzkabel verwendet, das über ein mit wenigen Handgriffen an der Rückwand des Gebäudes anzubringendes Anpassungsgerät angeschlossen wird. Das Kabel kann bis zu 3 m lang sein. In beiden Fällen kann die am Behandlungsgerät wirksame HF-Spannung und damit die Leistung von Hand mit dem im Generator enthaltenen HF-Regler in weiten Grenzen verändert und angepaßt werden.

Das Gerät ist in ein fahrbares, allseitig geschlossenes Gehäuse eingebaut, das den Hauptschalter, Kommandodruckknöpfe, Signallampen, den Anodenstrommesser und den HF-Spannungsregler sowie eine einstellbare Schaltuhr enthält. Im oberen Teil befindet sich eine Einrichtung zur HF-Kunststoffvorwärmung. Außerdem lassen sich erdsymmetrische und einseitig geerdete Verbraucher, wie Folienschweißmaschinen, gleich anschließen. Netzteil- und Steuereinrichtungen sind durch Öffnen der Vorderwand leicht zugänglich. Der Generator wird unmittelbar an das Netz angeschlossen, Stromaufnahme bei Vollast etwa 1000 W. Bei Follenverschweißung reicht die Leistung aus, um etwa 10 cm<sup>2</sup> Nahtfläche in der Sekunde zu schweißen. Bei der Kunststoffvorwärmung können in 1 min etwa 160 g tablettierte Phenolharz-Preßmasse vorbereitet werden. Als weitere Anwendungsmöglichkeiten seien die HF-Trocknung, die Entwesung sowie die Feuchtigkeitsbestimmung von Holz und Textilien erwähnt.

Die Anwendung der Hochfrequenz für induktive Wärmeerzeugung bei der Werkstoffbehandlung ist schon über ein Jahrzehnt alt. Für das Schmelzen von Leichtmetallen ist man ebenfalls seit Jahren bemüht, Induktionsöfen zu bauen. Dabei wäre die Anwendung der Mittelfrequenz verlockend, weil damit für einen bestimmten Ofen jeweils die für den Prozeß benötigte Spannung gewählt werden kann. Aber bei Mittelfrequenzanlagen wären immer noch die Umformereinrichtungen und die damit bedingten Verluste in Kauf zu nehmen, also höhere Anschaffungskosten und schlechtere Wirtschaftlichkeit. Bei der Anwendung von Netzfrequenz fallen beide Nachteile weg. BBC hat bereits verschiedene Anlagen von Netzfrequenz-Induktions-Tiegelschmelzöfen gebaut, wovon die Magnesium-Großschmelzanlage für das Volkswagenwerk mit 5 Netzfrequenz-Induktions-Tiegelschmelzöfen und 20 Warmhalteöfen besonders erwähnenswert ist (Wirkungsgrad rd. 70%). BBC führt auf der Technischen Messe einen **Netzfrequenz-Induktions-Tiegelschmelzofen** zum Schmelzen von Leichtmetallen mit Stahl- oder Gußeisentiegel vor, der ein Fassungsvermögen von 10 kg und eine Anschlußleistung von 25 kW hat und direkt an ein Wechselstromnetz angeschlossen werden kann. Mit diesem Ofen wird den Besuchern der Messe demonstriert, daß die Netzfrequenz-Induktions-Erwärmung für Schmelzöfen anwendbar ist.

BBC stellt auch wieder **Hochfrequenz-Röhrengeneratoren** aus, und zwar sowohl für kapazitive als auch für induktive Erwärmung von Werkstücken, z. B. einen Hochfrequenz-Röhrengenerator, Type IK 31, für kapazitive Last mit 1 kW Hochfrequenz-Dauerleistung im Arbeitskondensator. Der Ofen ist mit Zeitschaltwerk für stufenlose Einstellung zwischen 10 und 170 s und Arbeitskondensator unter der aufklappbaren Schutzhaube ausgerüstet, die sich nach Ablauf des Zeitschaltwerks selbsttätig öffnet und dabei die Hochfrequenz abschaltet. Dieses Gerät wird auf dem Stand der Firma Gebrüder Battenfeld, Meinerzhagen, im Betrieb vor-

geführt. Dabei wird härtbare Preßmasse vorgeführt und in einer Presse der Fa. Battenfeld verpreßt.

Außerdem wird 1 Hochfrequenz-Röhrengenerator, Type IM 31, für induktive Wärmebehandlung von 1 kW Hochfrequenz-Dauerleistung an den Induktor-Anschlußklemmen auf dem BBC-Stand ausgestellt. Der Generator ist mit Abschreckwanne aus nichtrostendem Stahl und Zeitschaltwerk für stufenlose Einstellung zwischen 0,1 s und 50 min ausgerüstet. Die Arbeitsfrequenz beträgt rd. 2 MHz.

Dazu wird eine halbautomatische Härtevorrichtung für Kleinteile bis 6 mm Dmr. und 100 mm Länge mit elektromagnetisch betätigter, durch das Zeitschaltwerk gesteuerter Falle und mit Einrichtung für optische Einschaltung der Hochfrequenz durch Selenzelle ausgestellt. Die Hochfrequenz und das Zeitschaltwerk schalten sich selbsttätig ein, sobald das zu härtende Werkstück die Endlage im Induktor erreicht hat. Die ganze Anlage wird von Hand beschickt und auf der Messe im Betrieb vorgeführt.

Bei BBC wird außerdem noch ein Hochfrequenz-Röhrengenerator, Type 4 L 2, für induktive Wärmebehandlung mit 4 kW Hochfrequenz-Dauerleistung an den Induktor-Anschlußklemmen und einer Arbeitsfrequenz von rd. 2,5 MHz im Betrieb vorgeführt und eine vollautomatische Härtemaschine gezeigt zum Oberflächenhärten von Rundstahl mit 5 ... 25 mm Dmr. und 60 ... 250 mm Länge, bei welcher die Vorschubgeschwindigkeit durch Ölbremse eingestellt und Leer- und Rücklauf durch selbsttätiges Ausschalten der Ölbremse beschleunigt werden. Die Maschine wird durch Druckluft angetrieben.

An Widerstandsöfen zeigt BBC einen elektrisch beheizten Doppelkammer-Werkbankofen für die kleine Werkzeughärterei und für das Laboratorium zum Härten von Werkzeugstahl, legiertem Stahl und Schnellstahl; untere Kammer für 1000 °C mit Heizspiralen, obere Kammer für 1350 °C mit Silicium-Carbidstäben ausgerüstet, Temperaturregelung und Spannungsausgleich der Heizstäbe durch im Untergestell eingebaute Regelwiderstände, gesamte Heizleistung 5,3 kW. Daneben sieht man einen elektrisch beheizten Drahtverzinkungssofen (Bild 19) zum Verzinken von 16 durchlaufenden Eisendrähten 0,6 ... 1,1 mm Dmr., stündlicher Durchsatz max. 380 kg, Anschlußwert 48 kW. Die Zinkbadwanne ist in ein durch Heizelemente beheiztes Bleibad eingesetzt, so daß sie durch die Heizkörper nicht direkt bestrahlt wird. Dadurch wird die Wanne weniger örtlich überhitzt, es bildet sich weniger Hartzink und die Lebensdauer steigt. Die Rohrheizkörper sind während des Betriebes auswechselbar.

Elektrische Rohrheizkörper haben sich etwa in den letzten 15 Jahren im Rahmen der indirekten Widerstandsheizung ein wesentliches Anwendungsgebiet erobert. Unter ihnen nimmt der Eltra-Flachrohr-Heizstab der Firma Elektrobau Leicht & Trambauer KG., Pfungstadt/Hessen,

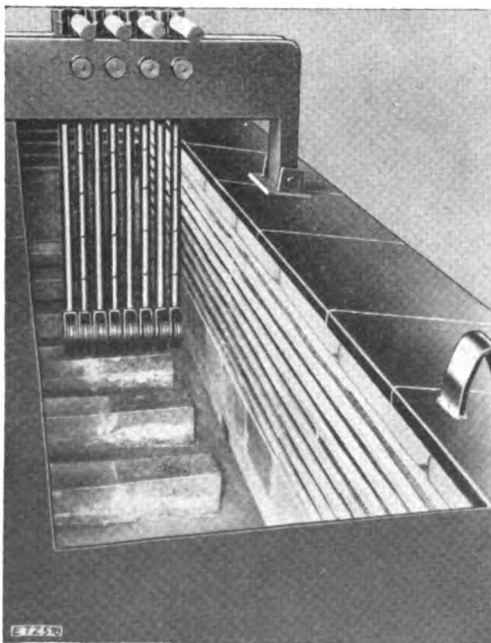


Bild 19. Elektrisch beheizter Verzinkungssofen für Stahldrähte im Durchlaufverfahren und zum Tauchverzinken langer Teile; Wanne herausgenommen.

eine besondere Stellung wegen seiner flachovalen Querschnittsform ein. Sie gestattet Anwendungen, die Heizkörper runder Querschnittsform nicht oder nur schwer zugänglich sind. Neben der bekannten Verwendung der Rohrkörper zur Erwärmung von Flüssigkeiten kann der Eltra-Flachrohr-Heizstab ebenfalls für die Heizung fester Teile verwendet werden, da er mit den flachen Seiten an die zu beheizenden Teile angepreßt werden kann. Er kann nicht nur als Einleiterstab, sondern auch als Mehrleiterstab mit 2 oder 3 Heizleitern ausgeführt werden. Auf diese Weise können auch Stäbe zum Anschluß an Drehstrom, Regelstäbe für Regelung  $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$  oder  $1 : \frac{2}{3} : \frac{1}{3}$  usw. hergestellt werden. Ebenso lassen sich je nach Stabart ein- oder beiderseitig Leuchten oder beiderseitig Fahren anschließen. Die im In- und Ausland patentierten Heizstäbe werden z. B. verwendet für Koch- und Bratgeräte, Backöfen aller Art, Laktrocknungsanlagen für Konvektions- und Infrarotrocknung, Kaffeemaschinen, Heißwasserspeicher, Durchlauferhitzer, zur Beheizung von Formmaschinen und Spritzautomaten, zur Erwärmung von Kraftfahrzeugmotoren, in Warmwasserradiatoren u. a.

Ein neuer für die elektrische Küche bei beschränktem Wohnraum bestimmter Tischherd der Fa. Gebr. Ruhstrah Göttingen, besteht aus einer Back- und Bratröhre mit den Innenabmessungen 330 mm Breite, 230 mm Höhe und 470 mm

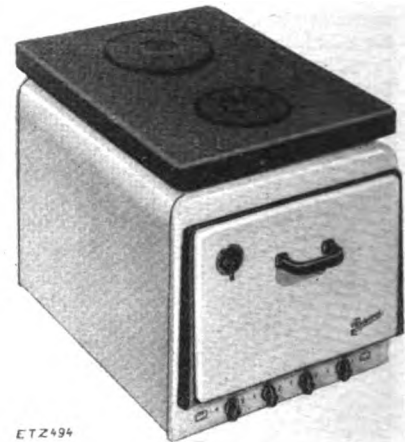


Bild 20. Tischherd.

Tiefe (Bild 20). Das Innere ist granitemailliert. Als Zubehör werden ein Kuchenblech, eine Bratpfanne und ein Grillrost mitgeliefert. Die Leistungsaufnahme für Ober- und Unterhitze beträgt je 750 W. An der oberen Seite des Tischherdes befinden sich 2 Kochstellen, bestehend aus Ego-Ringstecker-Stiftplatten von 145 mm und 180 mm Durchmesser und 800 bzw. 1200 W Leistungsaufnahme.

Der elektrische Kleinsaunaofen von BBC ist eine Neuheit im medizinischen Badewesen, durch größte Sauberkeit und einzigartige Regelbarkeit ausgezeichnet. Der in einer Kabine eingebaute elektrische Ofen hat einen Anschlußwert von 4 kW und kann einen Saunaraum von 6 ... 8 m<sup>3</sup> auf eine Temperatur bis etwa 100 °C bringen. Mit einer im Ofen eingebauten Verdampferplatte können durch Aufgießen von Wasser die erforderlichen Dampfstoße erzeugt werden. Die relative Feuchtigkeit kann dadurch in gewünschten Grenzen gehalten werden. Im Saunaraum wäre Platz für 2 ... 4 Personen.

Bekanntlich läßt sich Aluminium nicht so leicht löten wie Kupfer, Messing oder Weißblech. Begründet ist das darin, daß sich auf Aluminium schon an der Luft eine zwar dünne, aber dichte und chemisch sehr beständige Oxydschicht bildet. Diese muß vor dem Löten entfernt werden, was nach dem früheren Stand der Technik nur mit Hilfe eines Flußmittels oder auf mechanischem Wege, z. B. mit einer Drahtbürste geschehen kann. Bei dem Ultraschall-Lötgerät der SSW wird die Oxydhaut durch einen sich im Frequenzgebiet des Ultraschalls bewegenden Griffel beseitigt. Das Gerät besteht aus einem Wandgehäuse, das den Stromversorgungsteil und den Hochfrequenzgenerator enthält, sowie einem Lötkopf, der durch eine Schnur angeschlossen ist (Bild 21). Der aus dem Lötkopf herausragende Griffel ist von einer Erregerspule umgeben, die von den hochfrequenten Strömen des Ultraschalls



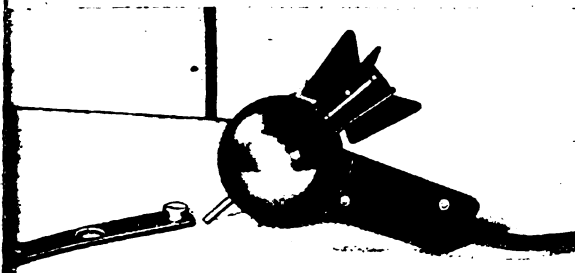


Bild 21. Lötkopf zum Ultraschall-Lötgerät.

allgebietes durchflossen wird. Unter ihrem Einfluß wird der Griffel zu mechanischen Schwingungen veranlaßt. Beim Ansetzen des Lötgriffels auf das vorgewärmte Aluminiumwerkstück wird die Oxydhaut mechanisch zerstört, so daß das flüssige Zinnlot innig mit dem Aluminium verbindet. Die mit diesem Gerät hergestellten Verbindungen zeichnen sich durch hohe Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit aus, einmal keinerlei Reinigungs- oder Flußmittel nötig ist. Als sind keine Speziallegierungen erforderlich, am besten hat sich reines Zinn bewährt.

Mit dem Gerät können zwei Lötverfahren durchgeführt werden. Beim Griffel-Lötverfahren wird der zu verzinnende Gegenstand auf Löttemperatur gebracht (250 °C), z. B. durch eine elektrische Heizplatte oder einen Bunsenbrenner. Sodann werden der Lötgriffel und das Lot über die Aluminiumfläche bewegt, wodurch das Lot zum Fließen gebracht wird. Das Schmelzlötverfahren eignet sich vorzugsweise zum Verzinnen von kleineren Gegenständen aus Aluminium, z. B. von dünnen Drähten, Litzen, Kabelschuhen oder Kabelenden. Dabei wird der zu verzinnende Teil in ein Zinnbad eingetaucht, in das der Griffel des Lötkopfes hineinragt. Die Schwingungen des Griffels werden hierbei über das flüssige Zinnbad auf den eingetauchten Aluminiumkörper übertragen. Durch die Trennung der Erwärmung von der Beschallung ist es gelungen, die Beschallungseinrichtung ein leichtes und handliches Gerät zu erhalten. Der vollständige Lötkopf wiegt nur 400 g.

Die **Gußeisen-Widerstände** der Firma **Hundt & Welter GmbH**, Geisweid, sind durch ihre Speziallegierung, die elastisch, erschütterungs- und stoßfest, Eigenschaften, die besonders im Bergbau, in der Hüttenindustrie, auf Kranen usw. bei den hohen Ansprüchen verlangt werden. Die einzelnen Elementen zusammengesetzten Pakete eignen sich zum Einbau in Schaltschränke oder in Gehäuse mit Blechabdeckung als Anlaß-, Gegenstrombrems- und auch Regler sowie Dauerschlußwiderstände. Große, wärmeabgebende Oberfläche und die zulässige hohe Belastung bei einer Über-temperatur der abstreichenden Luft von etwa 200 °C (bei maximal 35 °C Raumtemperatur) ermöglichen bei normaler Auslegung hohe Überlastungsfähigkeit, so daß diese Gußeisen-Elemente bei aussetzendem Betrieb und großer Schaltfähigkeit die betriebssicheren Widerstände sind. Die Ab-temperatur von 200 °C bedeutet eine reichliche Reserve Widerstand, Temperaturen bis 350 °C sind für die Widerstandselemente nicht schädlich.

### Schweißtechnik

Aus der Abteilung Schweißmaschinenbau der **Himmelswerk AG** sind die neuen Modelle der **Schweißumformer und -transformatoren** besonders hervorzuheben. In Weiterentwicklung des bewährten Kleinumformers entstand die Type **SMD 164f** für 160 A maximalen Schweißstrom, welche durch noch günstigere Gestaltung der elektrischen Eigenschaften die Reihe der Schweißmaschinen der **Himmelswerk AG** fortsetzt. Ein Bereichumschalter, eine große und mit übersichtliche Regelskala, sowie ein abnehmbarer Schutzbügel werden in Fachkreisen sicher begrüßt werden.

Der ausgestellte universelle **BBC-Lichtbogen-Schweißautomat** wird für Qualitäts-, Auftrags- und Verbindungsschweißungen verwendet und in stationärer Ausführung (Industrie) und als selbstfahrende Einheit (Werften) geliefert. Der Automat erlaubt, blanke und umhüllte Elektroden direkt von der Rolle aus zu verschweißen. Dabei wird der blanke Elektrodendraht kurz vor Austritt aus der Schweiß-ke mit dem **BBC-Spezial-Umhüllungspulver** umhüllt, so daß er wie ein Manteldraht auch für Verbindungsschweißungen verwendet werden kann. Die maximale Schweißstromstärke beträgt bei diesem Automaten 1100 A.

Der **BBC-Dieselschweißwagen** in Ausführung als einachsiger Autoanhänger mit wahlweise Luft- oder Elastikbereifung, ist als vollkommen geschlossene Maschine besonders für Baustellenbetrieb geeignet. Er hat sich bei Dauerbetrieb und höchster Belastung immer bewährt und zeichnet sich besonders durch einfache Handhabung aus.

Die automatisch repetierende **Punkt-Schweißmaschine** Type **PD 3**, die auf der Messe auch im Betrieb vorgeführt wird, zeichnet sich durch Schlagdämpfung (die obere Elektrode wird zwar sehr rasch, aber doch sanft auf das Werkstück aufgesetzt) und durch Druckkontrolle und damit hohe Gleichmäßigkeit der Schweißlinien aus. Die Rapidsteuerung ermöglicht eine wesentliche Leistungssteigerung und damit wirtschaftlichere Produktion. Die dabei angestrebten kurzen Schweißzeiten werden durch die elektronische Schweißzeit-Synchronsteuerung erzielt, so daß die **PD 3** Schweißungen ohne Verfärbung oder Verformung des Werkstückes ausführen läßt. Der eingebaute **BBC-Energieregler** gestattet dabei gleichmäßige Schweißlinien auch bei Blechen mit unsauberen Oberflächen.

Der **BBC-Energieregler** ist eine Neuheit auf dem Gebiet der Punktschweißung. Während bisher eine einwandfreie Punktschweißung nur saubere Oberflächen zur Voraussetzung hatte und Rost, Zunder oder Walzhaut des Schweißgutes vor der Schweißung entfernt werden mußten, garantiert der Energieregler auch bei Blechen mit unsauberer Oberfläche unbedingt gleichmäßige Schweißlinien. Er gestattet damit ein wesentlich größeres Anwendungsfeld der Schweißung und bedeutend höhere Wirtschaftlichkeit.

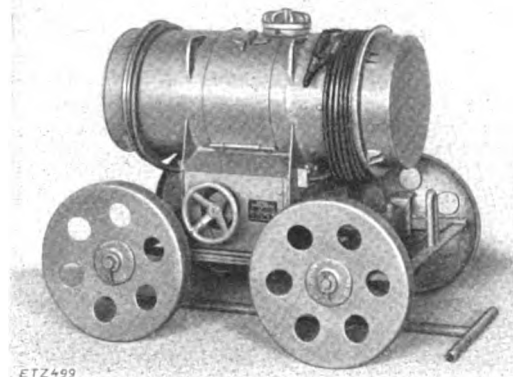


Bild 22. Schweißumformer.

Auf dem Stande der **Siemens-Schuckertwerke** ist die Schweißtechnik sowohl auf dem Gebiete des Lichtbogensschweißens als auch auf dem des Widerstandsschweißens mit neuen Maschinen und Apparaten vertreten. In einer besonderen Kabine wird mit einem **SSW-Schweißumformer** (Bild 22) das Verschweißen von **SSW-Tiefenbrandelektroden** vorgeführt. Dabei wird ein ungewöhnlich tiefer Einbrand bei kleiner Raupenbreite erreicht. Die Verschweißung erfolgt mit wesentlich höherer Schweißspannung und auch höherem Schweißstrom als bei normalen Elektroden. Das bedingt eine größere Maschinenleistung oder eine höhere Leerlaufspannung. Die Charakteristik des neuen Schweißumformers trägt diesen Anordnungen Rechnung. Die Anwendung der Tiefenbrandelektrode bietet in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht neue Möglichkeiten. Die Blechkanten können ohne Abschrägen stumpf aneinander geschweißt werden. Das einzuschweißende Elektrodenmaterial und die Schweißzeiten werden dadurch erheblich verringert. So ergibt sich beispielsweise bei einer **V-Naht-Schweißung** mit Mantelelektrode ein Verbrauch von 1 kg Elektrodenmaterial und eine Schweißzeit von 55 min. Bei einem Stumpfstoß mit Tiefenbrandelektrode von beiden Seiten geschweißt betragen der Verbrauch von Elektrodenmaterial 0,35 kg und die Schweißzeit 25 min je Meter Naht bei 12 mm starkem Blech. Das Aussehen dieser Schweißungen wird auf dem Stand durch Schliff- und Längsnahtmuster erläutert. Für die Praxis ist ferner wichtig, daß Gegenstände ohne vorheriges Entfernen der Schlacken an der Nahtwurzel (Auskreuzen) geschweißt werden können. Dadurch wird ein Arbeitsgang eingespart.

Das **AEG-Ignitron-Schweißschütz** ist ein einpoliges Schaltgerät, das kurzfristig sehr große Ströme (zwischen 30 und 2500 A eff.) führen kann und sich deshalb besonders als Schaltelement für Widerstands-, Punkt- und Nahtschweiß-

maschinen eignet. Zwei wassergekühlte Ignitrons als Zündstift-Entladungsgefäß in Metallbauart werden in Anti-Parallelschaltung vorgesehen und führen abwechselnd die beiden Halbwellen des Wechselstromes. Dieses Ignitronschweißschütz schaltet strom- und geräuschlos, erfordert keine Wartung und enthält keine dem Verschleiß unterliegenden Teile, was für den angestregten Schweißbetrieb von großem Vorteil ist. Außerdem ergibt die robuste Stahlbauart eine hohe Lebensdauer der Ignitronsteuerung.

In Verbindung mit dem Ignitronschweißschütz wird der synchron umlaufende A E G - Zeitgeber verwendet, der periodenweise einstellbar ist und bis zu Schalzhäufigkeiten von 250/min gebaut wird. Die Schweißzeit einer Punktschweißung kann hiermit periodengenau und phasenrichtig gesteuert werden.

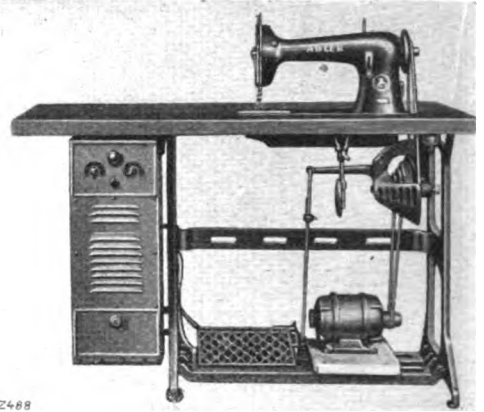
Auf dem Gebiete der Steuerungstechnik werden die neu entwickelten Siemens - Ignitron-Geräte ausgestellt. Sie gestatten beim Punktschweißen die vorherige Einstellung der Stromzeit und beim Nahtschweißen die Einstellung von Strom- und Pausenzeit. Sie schalten den Primärstrom der Widerstandsschweißmaschine und damit den Schweißstrom. Die Ignitron-Takter dienen für synchrone (Schaltzeiten 1 bis 150 Perioden) und die Ignitron-Zeiter für asynchrone Schaltung (Schaltzeit 0,1 ... 3 s). Sie bestehen aus einem Ignitronschütz entsprechend der Schaltleistung als Hauptstufe und entweder einem Taktgeber oder einem Zeitgeber als Steuerstufe. Durch die weitgehende Kombinationsmöglichkeit der Steuerstufen mit den verschiedenen Typen der Hauptstufen wird eine Anpassung an die verlangte Schaltleistung erreicht. Der große Dampfüberschuß während der Brenndauer des Lichtbogens als Folge des kleinen Lichtbogenraumes läßt auch bei sehr hohen Stromstößen keinen Mangel an Ladungsträgern auftreten. Dabei eignet sich das Ignitron besonders für das Schalten hoher Ströme. Es können z. B. bei 10% Einschaltdauer Leistungen von über 800 kVA bei 380 oder 500 V geschaltet werden.

Die Zeitsteuerung für Punktschweißmaschinen kleiner und mittlerer Leistung, vorzugsweise für Eisenblechschweißung, wird bekanntlich mit Schweißbegrenzer und elektromagnetischem Schütz ausgeführt. Der mechanische Aufbau der Verzögerungsrelais gab Veranlassung, einen Schweißzeitwähler nach gleichem Prinzip für Schweißzeiten von 0,05 bis 1 s zu entwickeln, der durch Synchronmotor angetrieben wird. Nach Ablauf der eingestellten Laufzeit öffnet das Zeitrelais seinen Ruhekontakt und schaltet ein Hilfsrelais mit zwei Umschaltkontakten ein. Beide Relais sind in einem Zählergehäuse gemeinsam eingebaut. Die Zeit wird durch einen Drehknopf in Stufen eingestellt, die an gut sichtbarer Skala erkennbar sind.

Mit Hilfe von vier Schweißzeitwählern wurde eine Serienpunktsteuerung aufgebaut, die vorzugsweise für Reihenpunktschweißungen mit stationären und beweglichen Punktschweißanlagen verwendet wird. Die vier einstellbaren Zeiten werden bei der Verschweißung von wärmeempfindlichen Werkstoffen verlangt und laufen nacheinander in sich wiederholendem Zyklus ab. Durch einen Umschalter kann auch auf Einzelpunktbetrieb, d. h. einmaligen Ablauf der vier Zeiten eingestellt werden. Von den vier Relaiskontakten aus können wahlweise verschiedene Stromstärken oder Elektrodenrücke ausgelöst werden, so daß ein Programm, z. B. „Vorpressen, Schweißen, Nachpressen, Schweißpause“ oder „Vorwärmen, Schweißen, Nachwärmen, Pause,“ zyklich abläuft.

Mit Hilfe eines besonderen Meßkoeffers werden Schweißstrom in A, Schweißzeit in Per. und Elektrodenkraft in kg nachgeprüft. Diese Meßeinrichtung gestattet auch bei Sekundärschleifänderungen — d. h. bei anderen Abmessungen für Armauladung und Abstand — die günstigsten Werte für Elektrodenkraft, Schweißstrom und Schweißzeit von Fall zu Fall einzustellen. Die Meßeinrichtungen haben Bedeutung bei sperrigen Werkstücken wie z. B. beim Bau von Obussen und Waggons. — Sämtliche Maschinen und Geräte werden praktisch vorgeführt.

In den Kreisen der Folienverarbeiter war schon seit langen der Wunsch nach einer kontinuierlich arbeitenden Nahtschweißmaschine aufgetreten, um die Folien ähnlich wie bei einer Nähmaschine, jedoch ohne Faden und ohne Perforierung, zusammenzufügen. Die Kochs Adlernähmaschinen Werke A. G. in Bielefeld hat gemeinsam mit der Hochfrequenz-Firma F. W. R. Herfurth K. G., Hamburg-Bahrenfeld, mit ihrer Type Kl. 37 S eine solche Maschine auf den Markt gebracht, die sich infolge ihrer einfachen Handhabung schnell eingeführt hat.



ET 2488

Bild 23. Nahtschweißmaschine.

Die Maschine (Bild 23) ist gedacht für Folienstärken von 0,01 bis etwa 0,15 mm Stärke. Interessant ist der Hochfrequenzteil dieser Maschine dadurch, daß eine Vorrichtung — die patentamtlich geschützt ist — das Entstehen eines Abreißfunken beim Hochgehen der Elektrode verhindert. Da die Folien, insbesondere die dünnen Folien, gegen Durchschläge sehr empfindlich sind, mußte eine sehr feine Regelvorrichtung der Schweißintensität vorgesehen werden. Der Generator arbeitet mit rd. 40 MHz. Die verwendete Senderöhre TA 4/250 hat bei dieser Frequenz eine Leistung von etwa 150 W. Durch die Regelung der Röhrenheizung ist die Schweißleistung auf sehr einfache Weise auf die Folienstärke abzustimmen.

Die untere Elektrode ist mit dem Hochfrequenzgenerator verbunden, während die obere Elektrode mit dem gesamten Maschinenoberteil an Masse liegt. Die obere Elektrode ist je nach der verwendeten Folienstärke in ihrer Höhe verstellbar, so daß beim Schweißvorgang ein Zusammendrücken der Folie etwa auf die einfache Stärke stattfindet. Die Schweißnaht besteht aus einer Reihe aneinandergesetzter länglicher Rechtecke, die bei richtiger Einstellung der Maschine zu einer gleichmäßigen Naht verfließen. Die Folien werden durch einen normalen Nähmaschinentransporter weiterbewegt, bei dem jedoch das obere Füßchen mitgeht. Hierdurch wird das lästige Einölen der Folien vermieden, wie es beim Verarbeiten auf der Nähmaschine üblich ist. Die Kopplung des Transporteurs mit einem Unterbrecher, der kurz vor dem Anheben der oberen Elektrode die Hochfrequenzenergie unterbricht, bewirkt eine saubere und gleichmäßige Schweißnaht ohne die Gefahr des Durchschlagens.

Der Generator ist normalerweise für 380 V Drehstrom gebaut. In Sonderausführungen werden auch Maschinen für 220 V Drehstrom geliefert.

Der elektrische Teil ist so mit dem Generator vereinigt, daß mit dem Hauptschalter des Generators gleichzeitig der Antriebsmotor für die Maschine eingeschaltet wird. Durch Betätigen des Fußpedals erhält die Senderöhre Strom, und zwar kurz bevor die Kupplung den Motor mit dem Nähmaschinenoberteil verbindet. Dieses wird erreicht mit einem Fußkontakt, der leicht einstellbar vom Fußpedal gesteuert wird. Beim Anhalten der Maschine durch Anheben des Pedals bleibt zuerst die Maschine selbst stehen, danach wird erst der Strom für die Röhre unterbrochen. Infolgedessen kann man beim Schweißvorgang anhalten und wieder aufahren, ohne daß die Naht unterbrochen wird. Die Maschine ist einfach und betriebssicher, so daß jeder, der mit einer Nähmaschine umgehen kann, auch sofort in der Lage ist, mit dieser Maschine zu schweißen, da die Arbeitsweise derjenigen einer Nähmaschine vollständig angelehnt ist, insbesondere auch für das Schweißen von engen Krümmungen. — Diese Maschine ist auch für zahlreiche andere Zwecke, z. T. in der Verpackungsindustrie, bereits mit Erfolg eingesetzt worden.

### Kabel und Leitungen

Die Firma Felten & Guillaume Carlswerk A. G., Köln-Mülheim, wird zum erstenmal die vollständigen Garnituren für Höchstspannungs-Öl- und Druckkabel zeichnen. Zwei Öl-kabel-Endverschlüsse für 220 kV, Öl- und Druckkabel-Endverschlüsse für 110 kV, ein Öl-drucktank sowie je ein Öl- und Druckkabelmuffe werden ausgestellt. Besonders Interesse dürfte die im Schnitt vorgeführte Druckkabelmuffe finden. Bei den ausgestellten Mustern von Höchstspannungskabeln ist besonders das Druckkabel für 110 kV mit Gleich-

...lähten beachtenswert, das im Jahre 1950 auf einer Strecke von 8 km in Köln verlegt wurde. Dieses Kabel hat keine gemeinsame Flachdrahtbewehrung, sondern über die drei einseitigen Einzeladern gelegte Gleitdrähte, die das Einziehen des Kabels in das Druckrohr erleichtern.

Neben Höchstspannungskabeln und deren Zubehör zeigt F & G eine Reihe von Mustern für Hoch- und Niederspannungskabel sowie Starkstrom-Kabelgarnituren in den beherrschten Ausführungsformen. Als Neuheit wird der genormte Hausanschlußkasten (DIN 43 627 Bl. 1) in der Ausführung für 25 A, für 60 A und für 100 A gezeigt. Ebenso ist als Neuheit der F & G-Zwergendverschluß jetzt mit druckfesten Solierschläuchen und Spezialkabelschuhen zu sehen.

Die Siemens-Protomont-Schrämleitung ist eine Spezial-Gummischlauchleitung für ortsveränderliche Stromverbraucher, insbesondere Schrämmaschinen, Panzerförderer u. a. Sie ist eine Leitungstrosse nach den VDE-Bestimmungen, enthält aber darüber hinaus noch Konstruktionselemente, wie ein Überwachungsgerät (Leitungswächter) bei äußeren und inneren Schäden der Leitung zum Ansprechen bringen und damit deren Abschaltung über das vorgeschaltete Schrämschutz herbeiführen. Dem Bergbau unter Tage wird damit ein Betriebsmittel zur Verfügung gestellt, das sowohl an außerordentlich hohen mechanischen Anforderungen vorzuziehen ist als auch den Erfordernissen der Brand- und Schlagwettersicherheit genügt.

Die Schrämlösungen werden entsprechend den unterschiedlichen Leistungen der Schrämmotoren in den Energieleiter-Querschnitten 16, 25 und 35 mm<sup>2</sup> gefertigt. Um einen Vierleitern sind vier verschiedenfarbige, gummiisolierte Adern (3 Phasen und ein Schutzleiter gleichen Querschnittes) verseilt. Die Adern gleiten in den Rillen des Profilgerüsts, wodurch die leichte Biegebarkeit der Leitung erreicht wird. In den vier Aderzwischenräumen, den sog. Zwickeln, sind je eine Steuer- und eine Überwachungsader mit gleichem Querschnitt von 2,5 mm<sup>2</sup> untergebracht. Die Steueradern sind mit verschiedenfarbigem Isoliergummi umhüllt und mit gleichfarbigen Textilbändern umwickelt. Die Überwachungsadern sind mit einem Gummimantel aus leitendem Gummi umspritzt. Der somit an jeder Stelle der Leitung gute und einwandfreie Kontakt des leitenden Innenmantels mit den vier Überwachungsadern gestattet im Störfall die Führung eines Hilfsstromes zum Relais des Leitungswächters. Über dem leitenden Gummimantel folgt eine rote Textilbandbespinnung, darüber ist der Außenmantel aufgebracht, der aus einer zähen, abrieb- und kerb- und schlagfesten, schwer brennbaren Isogummimischung besteht.

Die Vorteile dieser Leitung sind nur durch die Verbindung mit dem Leitungswächter (Typen dUR 1465 gewährleistet (Bild 24)). Dies veranlaßt über das zugehörige Schutzrelais mit Sicherheit die Abschaltung der Leitung bei 1. Beschädigungen von außen, d. h., wenn ein geerdeter Metallteil den Außenmantel durchschneidet und auf den leitenden Innenmantel kommt, oder auch bei Beschädigung des äußeren Gummimantels ein Schluß zwischen leitendem Innenmantel und Erde entsteht.

2. Zerreißen der Leitung. 3. Schluß zwischen Überwachungsleiter und Schutzleiter. 4. Durchschlag der Aderisolation, d. h., wenn ein stromführender Leiter direkt oder indirekt mit dem leitenden Innenmantel Kontakt bekommt.

Das Auftreten eines Erdkurzschlusses ist unmöglich, da vorher stets der leitende Innenmantel Spannung bekommt, was zur sofortigen Abschaltung durch den Leitungswächter führt. Der zum Ansprechen des Leitungswächters benötigte Strom ist so begrenzt, daß kein zündfähiger Funken auftreten kann.

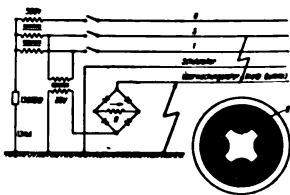


Bild 24. Grundschaltung des Leitungswächters für Protomont-Schrämleitung.

Ein neues Anwendungsgebiet hat sich in letzter Zeit für selbsttragende Luftkabel ergeben, nämlich zur Nachrichtenübermittlung zwischen Schalt- und Umspannstationen in Hoch- und Mittelspannungs-Freileitungsnetzen. Selbsttragende Luftkabel können an Freileitungsmasten mit ihren normalen Garnituren aufgehängt werden, und zwar entweder unter den Phasen oder aber in gleicher Höhe bzw. über den Phasen. Für die letzten beiden Fälle ist das selbsttragende Luftkabel als Blitzschutzseil ausgebildet. Hierbei ist für eine leitende Verbindung zwischen Kabelmantel und Bewehrung gesorgt. Der Kabelmantel besteht vorzugsweise aus Aluminium wegen der guten mechanischen Eigenschaften und der hohen Leitfähigkeit dieses Metalls. F & G zeigt in Hannover Muster derartiger selbsttragender Luftkabel, die als Erdseile dienen können. Sie haben einen Aluminiummantel und eine verzinkte Runddrahtbewehrung, die unmittelbar auf dem Mantel liegt. Für kurze Verbindungen (bis zu etwa 10 km) und für geringen Leitungsbedarf zeigt F & G eine Neuentwicklung. Hierbei ist eine Doppelleitung mit einem isolierten Haltedraht an einem Stahlseil befestigt. Die Doppelleitung besteht aus zwei verseilten Adern mit einer wetterbeständigen Polyäthylenisolation. Dieses Luftkabel wird montagefertig mit den dazugehörigen Aufhängegurten geliefert.

Auf dem Hochfrequenzgebiet zeigt F & G Sendekabel mit PET-Vollisolation für Mittel- und Langwellensender sowie Sendekabel mit Styroflex-Luftraumisolation für Kurzwellen- und UKW-Sender. Empfangskabel, abgeschirmte Hochfrequenz-Leitungen, Schaltkabel und UKW-Bandleitungen werden ebenfalls ausgestellt.

### Kondensatoren und Isolatoren

Im vorigen Jahre hat die Kondensatorfabrik der Firma August Lepper, Honnef a. Rh., erstmalig eine Hochvakuum-Imprägnieranlage für Kondensatoren in Betrieb genommen<sup>1</sup>. Die Entfeuchtung und Entgasung der Kondensa-

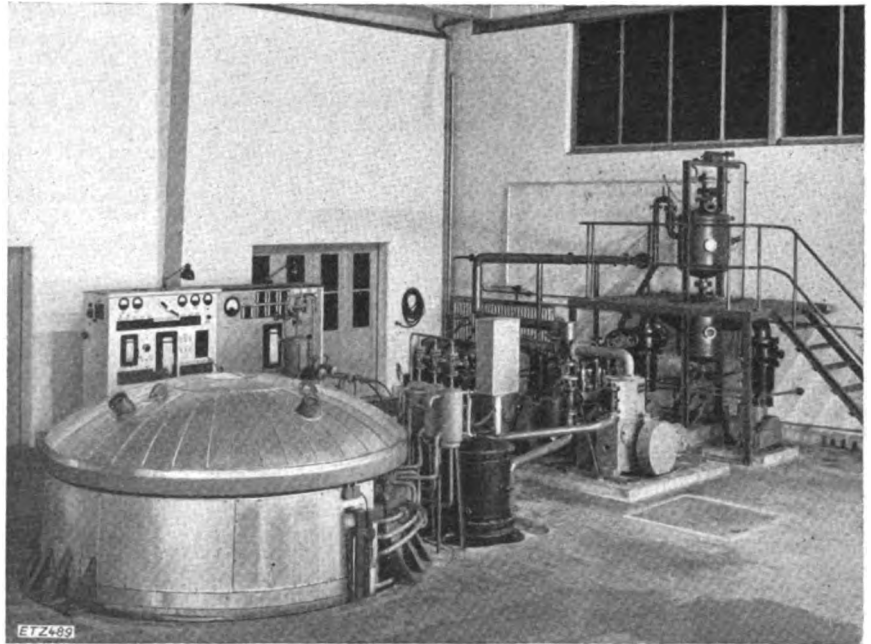


Bild 25. Hochvakuum-Imprägnieranlage.

torwickel wird mit dieser Anlage so weit getrieben, daß im Endzustand bei einer Temperatur von 100 °C ein Vakuum von 10<sup>-4</sup> Torr aufrechterhalten werden kann. Bild 25 zeigt die äußere Ansicht dieser Hochvakuum-Imprägnieranlage. Links im Bilde ist der eigentliche Tränkkessel erkennbar, der neben einem äußeren Heißwasser-Heizmantel Heizschlangen im Innern besitzt, auf welche die Kondensatoren gestellt werden. Die Temperatur des äußeren Mantels und der Heizschlangen wird durch Thermostaten geregelt, wobei die Wassertemperatur zum Anheizen bis auf 140 °C gebracht werden kann. Die Temperatur im Innern des Imprägnierbehälters wird an verschiedenen Stellen, so auch im Innern der Kondensatoren, während des Evakuierungsprozesses durch Fernthermometer mit Schreiber überwacht. Zu

<sup>1</sup> Der Elektrotechniker 2 (1950) S. 297.

diesem Zwecke sind 18 hochvakuumdichte Stromdurchführungen am Kessel angebracht.

Das Hochvakuum im Kessel wird durch zwei große Diffusionspumpen mit vorgeschalteten Gasballastpumpen als Vorrakuumumpen aufrecht erhalten. Die Diffusionspumpen haben zwischen  $10^{-2}$  und  $10^{-3}$  Torr zusammen eine Saugleistung von  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . In diesem Intervall fällt die größte Gasmenge aus den Kondensatorwickeln an. Der größte Teil des Wassers wird bereits vorher allein durch die Gasballastpumpen ausgeschieden, wenn die Diffusionspumpen noch nicht in Betrieb sind.

Die vollständig entfeuchteten und entgasten Kondensatorwickel werden mit Clophen getränkt, das zuvor einer ähnlichen Hochvakuumbehandlung wie die Wickel unterworfen werden muß. Dazu dient die im Bilde rechts erkennbare Entgasungsstufe, durch die in der Stunde 50 kg Clophen hindurchgeschleust werden können. Die Entgasungsstufe besteht aus einem oberen Vor- und einem unteren Nachentgasungsbehälter. Während die Vorentgasungsstufe, die das angelieferte Clophen in beheiztem Zustand zuerst passiert, nur durch Gasballastpumpen großer Sauggeschwindigkeit auf  $10^{-1} \dots 10^{-2}$  Torr evakuiert wird, sind an die Nachentgasungsstufe wiederum zwei Diffusionspumpen angeschlossen, die in diesem Kessel ein Vakuum von weniger als  $10^{-3}$  Torr während des Clophendurchlaufes aufrecht erhalten können.

Das so restlos entgaste Clophen fließt in einen im Keller befindlichen, im Bilde nicht ersichtlichen, wassenbeheizten Vorratsbehälter, in dem ebenfalls mit einer Diffusionspumpe ein Druck von  $10^{-4}$  Torr aufrecht erhalten wird. Die Temperatur wird auch hier wie bei der Entgasungsstufe durch schreibende Meßinstrumente überwacht.

Bei der Tränkung durch Kondensatoren kommuniziert der eigentliche Imprägnierkessel mit dem Vorratsbehälter. Das Clophen wird aus diesem in den ersten hineingepumpt und nach erfolgter Tränkung durch eine Rückförderpumpe in den Vorratskessel wieder zurückgepumpt. Beide Kessel bleiben aber während des Tränkprozesses unter Hochvakuum. Durch Schaugläser am Imprägnierbehälter kann man den Tränkvorgang beobachten und stellt fest, daß dabei auch nicht die kleinste Gasblase aus den Kondensatoren oder dem Clophen aufsteigt, was ein Beweis dafür ist, daß sich mit einer solchen Vakuumanlage die angestrebte restlose Entgasung von Kondensatorwickeln auch praktisch durchführen läßt.

Mit der Hochvakuumtränkung lassen sich Durchschlagsfestigkeiten des Kondensatordielektrikums erzielen, die bisher auch beim Clophen-Papier-Dielektrikum unbekannt waren. Die Ionisationsgrenze wird wegen des Fortfalls molekularer Gaseinschlüsse ganz wesentlich heraufgesetzt. Trotz der höheren Dielektrizitätskonstante des Clophens gegenüber Mineralöl werden Verlustfaktoren gemessen, die den des normalgetränkten Ölkondensators sogar unterschreiten<sup>2</sup>. Der Vorteil der Hochvakuumtränkung besteht darin, daß durch Heraufsetzen der Ionisationsgrenze im Verein mit der durch den niedrigen Verlustfaktor bedingten geringen Erwärmung die spezifische Spannungsbeanspruchung des Kondensatordielektrikums heraufgesetzt werden kann, was eine erhebliche Volumen- und Gewichtsverminderung bedeutet.

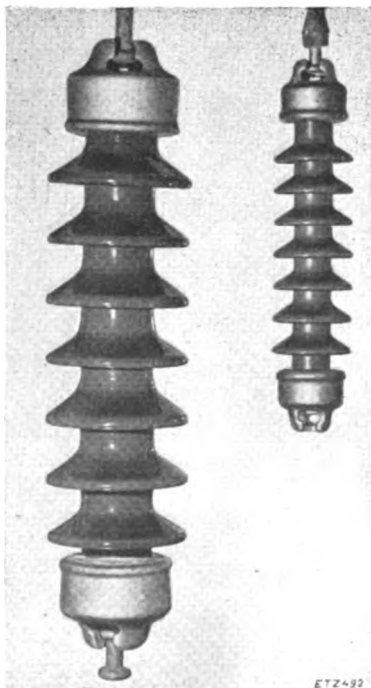


Bild 26. Langstab-Isolatoren.

<sup>2</sup> Über diese Meßergebnisse wird in Kürze in der ETZ ausführlich berichtet werden.

Eine Eigenentwicklung der Walter Brand GmbH ist die neuartige Form der bisher in Hartpapier- oder Kunststoffrohr gelieferten Klein-Elytkondensatoren. Diese Kondensatoren — sowohl Hochvolt- wie auch Niedervolttypen — präsentieren sich in einem allseitig verschlossenen Aluminiumrohr, wobei dem Abschluß an den Stirnseiten besondere Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Durch eine neuartige Methode der Abdichtung wird ein völliger Luftabschluß des innenliegenden Elytwickels erreicht.

Die Rosenthal-Isolatoren-GmbH, Selb/Bayern, hat in den letzten Jahren ihre Produktion wieder bis zur vollen Auslastung ihrer Werke erhöhen können. In der Abteilung Freileitungsisolatoren werden Kappenisolatoren der verschiedenen gängigen Größen insbesondere für Exportzwecke hergestellt. Die Bolzenkonstruktion ist die seit 1920 bewährte Kugelringkonstruktion. Der seit nunmehr etwa 30 Jahren eingeführte Vollkernisolator hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr Anhänger im deutschen Leistungsbau erworben. Seine folgerichtige Weiterbildung festeter im Typ des Langstabisolators, der bis zu Baulängen von etwa 1300 mm (Type L 85/14) für 110 kV-Betriebsspannung genormt ist. Die nach 1945 eingetretenen Fabrikationschwierigkeiten für Langstabisolatoren sind heute überwunden und so konnte man daran gehen, auch für hohe mechanische Festigkeitswerte Sondertypen zu entwickeln. Hierzu gebot z. B. der Langstabisolator L 105/7 (Bild 26) mit einer Bruchlast von rd. 23 t. Diese mechanische Festigkeit läßt ihn in der Verwendung dem überschweren Kappenisolator K 1 gleichwertig erscheinen. Nachstehend einige technische Angaben zu dieser Type:

	Glieder		
	1	2	3
Mindest-Überschlagsspannung trocken [kV]	210	420	630
Mindest-Überschlagsspannung Regen [kV]	200	380	570
50% Stoßüberschlagsspannung 1/50 pos. [kV]	320	725	1080

Baulänge rd. 855 mm, Gewicht rd. 35 kg.

Eine dem Langstab verwandte Type wird bei der Deutschen Bundesbahn schon seit Jahrzehnten als **Fahrleitungsisolator** verwendet. Auf Anregung der Bundesbahn wurden zur weiteren Erhöhung der mechanischen Sicherheit die Perzellandurchmesser an der Einspannstelle der Kappen gegenüber dem allgemeinen Strunkdurchmesser etwas vergrößert. Dadurch wird bei Bruchbelastung der Bruchort zuverlässig an den Strunk zwischen die Schirme verlegt, so daß die Wirkung der festigkeitsmindernden Querkomponente im Innern der Kappen völlig ausgeschaltet wird.

Für Freileitungen auf Stützenisolatoren wird neuerdings der bewährte Vollkern-Stützisolator besonders viel bevorzugt, weil er neben völliger Durchschlagsicherheit eine absolute Radiostörfreiheit besitzt. Das Aufhängen des Isolators auf die Stütze mit all seinen möglichen Fehlerquellen fällt bei dieser einfachen Konstruktion weg.

### Lichttechnik

Aus dem weitreichenden Philips-Lichtprogramm werden einige neue Typen besonderer Interesse begegnen. Das werden die noch in der Weiterentwicklung begriffenen **Leuchtstofflampen** der Systeme TL „S“ und TL „C“ genannt. Das TL „S“-System arbeitet mit einer Verbindung von Leuchtstofflampe und Glühlampe ohne Starter und Vorschaltgerät und bietet mannigfache Möglichkeiten zur Lösung spezieller Beleuchtungsaufgaben. Das gleichstrombetriebene TL „C“-System bietet erhebliche Vorteile für die Zuck- und allgemeine Fahrzeugbeleuchtung. Das technische Prinzip ist ein ähnliches wie bei der TL „S“, jedoch werden keine Glühlampen, sondern Stabilisatorröhren als Strombegrenzer verwendet.

Besonderer Erwähnung bedarf die **bakterienkämpfende Lampe TUV**. Sie ist eine röhrenförmige Quecksilberlampe, die als Entladungslampe und ähnelt der bekannten Leuchtstofflampe. Im Gegensatz zu dieser besitzt sie auf der Innenwand der Röhrenwandung keinen Leuchtstoffbelag, sondern bei der Entladung durch die Verwendung eines Spezialgasgemisches eine „UV-Strahlung“ entstehen, die eine starke bakterizide Wirkung besitzt. Diese Lampe eignet sich ganz besonders zur Luftentkeimung in Krankenhäusern, in der pharmazeutischen und pharmazeutischen Industrie sowie in bakteriologischen Laboratorien. Auch bei der Konservierung und Verarbeitung von Lebensmitteln leistet die TUV-Lampe hervorragende Dienste.

Das **Leuchtstofflampen-Vorschaltgerät „Wigo-Rapid“** unterscheidet sich von den bisher auf dem deutschen Markt befindlichen Drosseln und Zündgeräten grundsätzlich dadurch, daß es ein sofortiges und flackerfreies Aufleuchten

er angeschlossenen Lampen auch bei tiefen Temperaturen bis  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) und bei Netzunterspannungen bis herunter auf 70 V (Normalspannung 220 V Wechselstrom) gewährleistet. Erreicht werden diese Vorzüge durch einen besonderen, nach dem Hitzdrahtprinzip arbeitenden Starter (Knobel-Starter) in Verbindung mit einer Spezialdrossel, die verschiedene Zusatzwicklungen aufweist (Schutzrechte!). Der Starter besitzt eine funkenfreie Momentschaltung mit Vorauskontakt und wird durch eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Die Drossel ist akustisch geprüft und brummfrei.

Weitere Vorzüge des von der Wigo-Verkaufsgesellschaft mbH., Schwenningen a. N., gezeigten Gerätes sind: größte Schonung und höchstmögliche Lebensdauer der angeschlossenen Leuchtstofflampen, keine Rundfunkstörungen, einfacher Anschluß, billige Lampenfassungen ohne Glimmstarter. Geräte mit und ohne Blindstromkompensation sowie mit und ohne Schutzhaube werden für alle normalen Leuchtstofflampen-Typen geliefert.

Die OSRAM GmbH, KG. zeigt ein mannigfaltiges Typenprogramm in Allgebrauchs-, Sonder- und Entladungslampen. OSRAM-Doppelwendellampen geben bei gleichem Stromverbrauch bis zu 20% mehr Licht als die entsprechenden Lampen mit Einfachwendeln. Für die Verwendung in Bergwerken und explosions- oder schlagwettergefährdeten Räumen werden Doppelwendellampen mit zwei Sicherungstratronen hergestellt. — Sillca-Lampen, die zunächst in den Typen 40 ... 100 W angefertigt werden, sind mit Doppelwendeln ausgerüstet. Die Innenseite des Kolbens ist mit einer milchweißen, lichtstreuenden Schicht versehen. Dadurch wird jede Blendung vermieden und ein weiches, wohlthuendes Licht erreicht. Der durch die silizierten Kolben entstehende Lichtverlust ist sehr gering und nur halb so groß wie bei Opallampen. Die neuen Lampen eignen sich zur Verwendung an Kronleuchtern, Wandleuchten usw., ohne besondere Abschirmvorrichtungen erforderlich sind. Auf dem Ausstellungsstand wird außerdem eine innenmattierte Opfenlampe 40 W gezeigt, die außer mit dem kleinen Edisonsockel E 14 auch mit dem normalen E 27 lieferbar ist und sich infolge ihrer kleinen Abmessungen zur Verwendung in flachen Schalen eignet. Die Lampen, die mit Doppelwendeln ausgerüstet und mit Edelgas gefüllt sind, strahlen ein helles, weißes Licht aus. Seit einiger Zeit sind auch OSRAM-Entladungslampen mit innenmattiertem oder verspiegeltem Kolben lieferbar, die entweder mit zwei Kappen oder auch gleichzeitig mit Sockel ausgerüstet sind.

Bei den Entladungslampen zeigt OSRAM in Hannover neue Formen: unter den Leuchtstofflampen die HN 90,

bei den Hochdrucklampen die HQA 1000 und unter den Höchstdrucklampen die HWA 1000.

**Außenleuchten** der SSW können in baukastenähnlicher Austauschbauart mit tiefem Emailleschirm, mit Opalglaschirm, mit Zylinderglas und flachem Schirm in mehreren Größen von 60 bis 1000 W, zum Teil auch für zwei Lampen, mit Guß- oder Silumingehäuse geliefert werden.

Zwei neuartige Bauformen von Innenleuchten bringen in Form und lichttechnischen Eigenschaften bemerkenswerte Vorteile: **Raumstrahler** in geschlossener, staubfreier Glasbauweise können mit gleichen Glasteilen in wechselweiser Anordnung für vorwiegend direkte wie auch für vorwiegend indirekte Beleuchtung eingestellt werden. Durch einen Einbauspiegel kann die Lichtverteilung außerdem für rein direkte, wie auch für indirekte Beleuchtung abgewandelt werden. Ein Großflächenschirm als Zusatzteil läßt weiterhin Form, Aussehen und Lichtverteilung zusätzlich beeinflussen.

Mit den zum ersten Mal gezeigten **Ringluxleuchten** (Bild 27) bringen die Siemens-Schuckertwerke eine neuartige Leuchte auf den Markt, die unter fast ausschließlicher Verwendung von weißen, lichtreflektierenden Blechringen eine vollkommen blendungsfreie Raumbeleuchtung ergibt. Der Vorteil der geringen Leuchtdichte der im Blickfeld liegenden Leuchteile in Verbindung mit heller Raumausstattung ergibt sehr geringe Leuchtdichtenunterschiede, die das Sehen auch auf die Dauer ermüdungsfrei machen.

Auf dem Gebiet der Innen- und Industrieleuchten für Leuchtstofflampen werden u. a. **Raster-, Decken- und Pendelleuchten** zur blendungsfreien Beleuchtung von Innenräumen wie auch Deckenleuchten mit sichtbaren Leuchtstofflampen gebracht, die durch leicht anzubauende, einseitige Blenden und Reflektoren auch für die Beleuchtung von Werkstätten verwendbar gemacht werden können. Verschiedene Leuchten für ein und zwei Lampen erhalten durch einen eingelegten hochglänzenden Aluminiumspiegel verstärkte Lichtausstrahlung nach unten, während in anderen Fällen durch seitlich eingelegte Spiegel eine günstige Breitstrahlung erzielt wird. Leicht anzubauende Zusatzteile dienen dazu, mehrere Leuchten zu Lichtbändern zusammenzuschließen. Schräghänger und Gelenkbügel können zur beliebigen Schrägstellung der Leuchten eingebaut werden. Universell verwendbare Nippel machen die Leuchten für Aufhängung an Ketten, Drahtseilpendel oder Spanndrahtbefestigung geeignet.

Die Philips Valvo Werke haben ein **Kleinstroboskop** (GM 5511) in ihr Vertriebsprogramm aufgenommen, das für die Fälle entwickelt wurde, in denen das Hochleistungs-Lichtblitz-Stroboskop (GM 5500) mit seinem großen Lichtstrom von 20 Mio. lm nicht ausgenutzt wird.

Das Kleinstroboskop (Bild 28) sendet sehr kurze Lichtblitze in einer sehr genau einstellbaren Folge aus. Bei Gleichlauf mit der Blitzfrequenz stehen die Maschinen- oder Geräteteile scheinbar still. Die Größe der Blitzfrequenz gibt Aufschluß über die Drehzahl der Maschine. Auf diese Weise ist eine leistungslose optische Drehzahlmessung an kleinen umlaufenden Teilen möglich, deren mechanische Messung we-

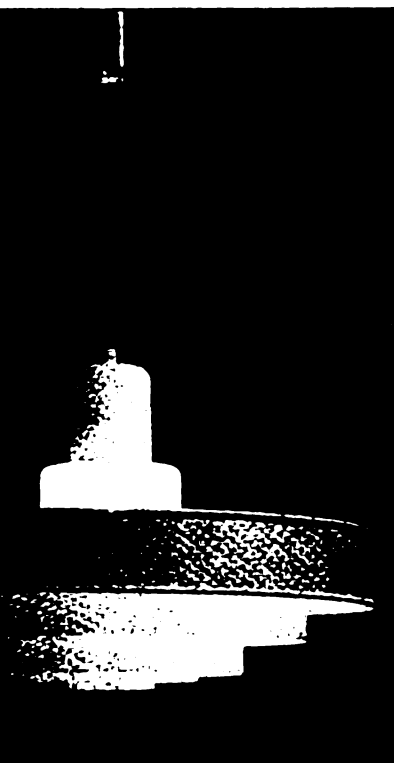


Bild 27. Ringluxleuchte.



Bild 28. Kleinstroboskop.



gen der damit verbundenen Belastung des Meßobjektes nicht möglich ist.

Das richtige Schließen und Öffnen der Kontakte von Zerkhackern, das Schwingen einer Lautsprechermembran bei den verschiedenen Frequenzen und ähnliche schnell verlaufende Vorgänge lassen sich mit dem neuen Philips-Kleinstroboskop beobachten sowie Drehzahlen von Kreiseln und anderen umlaufenden Teilen, die keine Messung mit mechanischen Mitteln erlauben, aber auch die Schwingungszahlen hin und her bewegter Gegenstände feststellen.

Besondere Vorteile des Gerätes sind die kurze Lichtblitzdauer (5 ... 10  $\mu$ s), die Blitzfrequenz 15 ... 240 Hz; d. h. Messung von Drehzahlen und Beobachtungen von Vorgängen im Bereich von 900 ... 14 400 U/min, beim Anblitzen bei jeder 2. Umdrehung bis 28 800 U/min; weiter direkte Ablesung der Blitzfrequenz, Abschaltbarkeit der Blitzlampe bei weiterer Betriebsbereitschaft des Gerätes, Eichmöglichkeit mit Netzfrequenz.

Die Blitzlampe ist seitlich versenkt angeordnet, so daß man sie bequem in die Nähe der zu beleuchtenden Gegenstände bringen kann. Die Blitzfrequenz läßt sich stetig verändern; es sind 2 umschaltbare Bereiche vorgesehen, die sich von 15 ... 60 und von 60 ... 240 Hz erstrecken. Die Genauigkeit der Ablesung ist etwa 1 Hz.

Das Kleinstroboskop besteht im wesentlichen aus einem Multivibrator zur Erzeugung der jeweils gewünschten Blitzfrequenz und einem an das Wechselstromnetz angeschlossenen Speiseteil. Zur Schonung der Blitzlampe ist diese abschaltbar; das Gerät selbst bleibt dabei betriebsbereit.

### Fernmeldetechnik und Elektroakustik

Aus dem Gebiet der Fernsprechtechnik hat die DeTeWe als Ausstellungsobjekte kleine und mittlere neuzeitliche Fernsprech-Nebenstellenanlagen für 1 ... 10 Amtsleitungen und 4 ... 94 Sprechstellen gewählt. Um auch einen Eindruck von einer großen, unbeschränkt erweiterungsfähigen Wähl-Nebenstellenanlage zu vermitteln, wird eine solche Anlage im Teilausbau ausgestellt. Zur Vermittlung der ankommenden Amtsgespräche dient bei dieser Zentrale ein **Zahlengebertisch**, der in einer neuen Form erstmalig gezeigt wird. Fast alle der erwähnten Wähleranlagen werden im Betrieb vorgeführt. Die kleinste der Wählzentralen enthält keine Wähler, lediglich Relais stellen selbsttätig die gewählten Verbindungen her. Diese Zentrale, in ein kleines Wandgehäuse von 47x50 cm eingebaut, ist überall aufzuhängen und zeichnet sich durch fast völlige Geräuschlosigkeit aus.

An weiteren Neuheiten wird ein moderner **Chef- und Sekretärapparat** gezeigt, der in seiner Form dem normalen Fernsprech-Tischapparat entspricht und mit Druckknöpfen aus Plexiglas ausgerüstet ist, die zur Kennzeichnung des Betriebszustandes von innen erleuchtet werden.

Als charakteristischer Bestandteil der DeTeWe-Hotel-Fernsprechanlagen, die die Aufgaben der in Hotels üblichen optischen und akustischen Rufanlagen in neuartiger Weise mitübernehmen, wird der **Hotel-Fernsprech-Tischapparat** ausgestellt.

Das **Wählerscheiben-Prüfgerät** der Firma Gossen & Co., Erlangen, ermöglicht die Kontrolle der Frequenz und des Impulsverhältnisses von Wählerscheiben an Fernsprechapparaten. Es hat einen ballistischen Strommesser 0 ... 50 mA und einen Frequenzmesser 8,5 ... 11,5 Hz. Weiter enthält es eine Stabbatterie und einen Drehwiderstand zum Einregeln der Meßspannung. Ein handliches Gerät, besonders für größere Betriebe, in denen eigene Mechaniker die Fernsprechapparate überwachen. Durch einfache Messungen lassen sich leicht die Ursachen für Fehlverbindungen infolge falscher Frequenz und falscher Impulsverhältnisse an den Wählerscheiben feststellen.

Der große Bedarf an werkseigenen Hochfrequenz-Fernsprech- und Fernwirkanlagen, bei denen die Hoch- und Höchstspannungsleitungen als Übertragungskanäle dienen, erfordert eine bestmögliche Ausnutzung des zur Verfügung stehenden beschränkten Trägerfrequenzbandes. Die neuen BBC-**Einseitenbandgeräte**, kombiniert mit rapidzyklischer Meßwertumschaltung, eignen sich zur Übertragung einer Vielzahl von Meßwerten. Mit nur 4 kHz Bandbreite lassen sich auf dem gleichen HF-Träger neben dem Fernwahl- und Sprechkanal weitere Tonfrequenzkanäle überlagern zur Durchgabe von Fernsteuer- und Überwachungssignalen sowie für Auslösekupplung der Leistungsschalter bei Kurzschluß-Fortschaltung.

Erwähnenswert ist die moderne Bauart dieses Einseitenbandgerätes. Seine sehr selektiven Filter gestatten Sendee- und Empfangskanäle im Trägerfrequenzbereich direkt nebeneinander anzuordnen und so das zur Verfügung stehende Frequenzband maximal auszunutzen. Das verwendete Fernmeßverfahren mit rapidzyklischer Umschaltung arbeitet mit einer Schaltgeschwindigkeit von etwa 100 Meßwerten/s. Elektronische Speicher halten die Meßwerte empfangsseitig während der Übertragungspausen konstant. Auf diese Weise gelingt es, eine größere Anzahl von Meßwerten in minimaler Bandbreite bei kleinstem Geräteverbrauch für die Meßwertanzeiger mit so kleiner Zeitkonstante zu übertragen, daß sie einer kontinuierlichen Meßwertgleichkommen. Diese Neuerung verdient besondere Beachtung bei Errichtung neuer Lastverteilerstellen in Hochspannungsnetzen.

Neben den bekannten Empfängern der Philipsserie 1950/51 — Capella, Jupiter, Sirius — und dem Gerät „Philetta 51“ stellen die Philips Valvo Werke einen neuen **Plattenspieler** aus, der zum Abspielen von Normalplatten (78 U/min) und Langspielplatten (33 $\frac{1}{3}$  U/min) eingerichtet ist. Der Plattenspieler wird durch einen selbstlaufenden Induktionsmotor angetrieben. Bemerkenswert ist der außergewöhnlich leichte Tonarm, der nicht mehr als 15 g wiegt und einen Nadeldruck von nur etwa 7 g erzeugt. Mußte man bisher zum Abspielen von Mikrorillen (bei Langspielplatten) eine andere Nadel als für die üblichen Normalplatten benutzen, so ist bei dem neuen Philips-Plattenspieler (Typ 2978) die Bedienung durch Verwendung nur einer Nadel bedeutend vereinfacht. Diese Saphirnadel ist das Ergebnis eines verfeinerten Schleifverfahrens. Die Nadel zeichnet sich durch eine ungewöhnlich lange Lebensdauer aus.

Die Röhrenabteilung der Philips Valvo Werke stellt eine Reihe Gasentladungsröhren sowie mehrere Senderöhren mittlerer Leistung aus. Unter den Gasentladungsröhren verdient die Gruppe der **Thyratron**s besondere Beachtung. Thyratronen werden hauptsächlich zur trägeitslosen Schaltung und Steuerung mittlerer und starker Ströme verwendet. Ihre Empfindlichkeit und Genauigkeit in Relais-schaltungen ist größer als die entsprechender mechanischer Anordnungen. Das Anwendungsgebiet der ausgestellten Thyratron-Typen erstreckt sich von der Alarmbetätigung und Diebstahlsicherung bis zur elektronischen Motorsteuerung.

Wo große Verstärkeranlagen sich nicht lohnen, ist der neue **Allzweckverstärker** der C. Lorenz A.G. am Platze. Trotz seiner Kleinheit ist er außerordentlich vielseitig einzusetzen. Gaststätten, Kaffees, Klubs können mit diesem Gerät mehrere Räume mit Rundfunk- oder Schallplattenmusik versehen. Für Ansagen und Übertragungen in Freibädern, in Turn- und Festhallen oder auf Jahrmärkten ist es ebenso geeignet. Auch für dezentralisierte Ruf- und Betriebsanlagen kann der Verstärker in Fabriken erfolgreich eingesetzt werden. Als Kommandoanlage in Lautsprecherwagen ist er in Verbindung mit einem Exponential-Trichterlautsprecher oder Doppel-Trichterlautsprecher für Sprech- und Musikübertragungen zu verwenden.



Bild 29. Allzweckverstärker (Chassis von hinten gesehen).



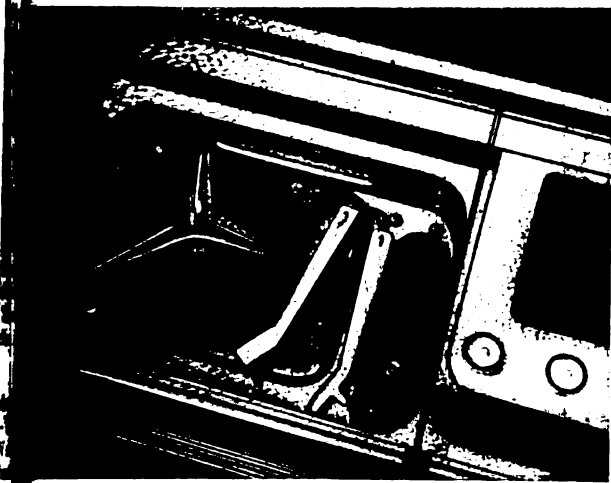


Bild 30. Magnetton-Gerät.

Die Bedienung des Allzweckverstärkers (Bild 29) ist denkbar einfach, da alles, was üblicherweise an Zusatzgeräten den Anschluß von Mikrophon, Plattenspieler oder Rundfunkempfänger erforderlich ist, in das Gerät fest eingebaut ist. Durch einen Drehknopf kann man beliebig auf jede der drei Betriebsarten umschalten. Der Allzweckverstärker kann verwendet werden: als Endstufe zu einem Rundfunkempfänger, als Verstärker für Schallplattenwiedergabe, als Mikrophonverstärker für direkten Anschluß von Kondensator- und dynamischen Mikrofonen. Das Gerät kann sowohl an Wechselstrom als auch an Gleichstrom angeschlossen werden, seine Leistungsaufnahme aus dem Netz bei 220 V beträgt 55 VA. Der Tonumfang beträgt 40 ... 10 000 Hz, die Ausgangsleistung beträgt maximal 15 W. Das Gerät ist mit einer UHC 71 und zwei UHC 71 bestückt. Die Eingangsdaten sind:

Rundfunk	50 mV	50 k $\Omega$
Schallplatte	100 mV	100 k $\Omega$
Mikrophon	1 mV	200 $\Omega$

Das Magnetophon, das als das hochwertigste Tonaufnahmegerät in aller Welt bekannt geworden ist, wird durch seine wichtigsten Typen auf dem Ausstellungsstand der AEG vertreten sein. Neben dem hochwertigen Gerät, das für Rundfunksender, Studios, Tonfilmateliers bestimmt ist, sieht man kleinere Ausführungen für den allgemeinen Gebrauch. Das AW 2-Gerät wird sowohl in Schatulkform zur Verbindung mit einem Rundfunkgerät als auch in Kofferausführung mit Zusatzkoffer gezeigt. Beide Kleinteile werden in einer Vorführrkabine auch im praktischen Betrieb vorgeführt.

Die Blaupunkt-Werke erzeugen neben einer Reihe von Rundfunk-Heimgeräten aller Preisklassen auch Musiktruhen. Die Blaupunkt-Raumton-Musiktruhe hat durch ihre naturgetreue Tonwiedergabe Aufsehen erregt. Der Grund für diese besondere Tonleistung liegt in dem dem Blaupunkt-Werken patentierten Prinzip des gefalteten Exponentialhorns, das besonders die tiefen Bässe gut bringt. Die hohen Geigen- und Flötentöne sorgt ein zweiter sogenanntes Lautsprecher.

Die Blaupunkt-Raumton-Musiktruhe enthält aber auch eine weitere außerordentlich interessante Neuerung und zwar das Blaupunkt-Magnetton-Gerät (Bild 30). Mit diesem Gerät kann man Schallplatten selbst aufnehmen und abspielen. Man kann entweder eine beliebige Rundfunksendung aufnehmen oder Musik oder Sprache über ein Mikrofon. Wie der Name des Gerätes schon sagt, handelt es sich um eine magnetische Aufzeichnung auf Spezialplatten. Man kann die einmal vorgenommene magnetische Beschriftung der Platte entweder belassen und sie für unbegrenzte Zeit aufbewahren, man kann aber auch die Aufzeichnung gleichzeitig mit der Neubeschriftung der Platte sofort wieder abspielen. Die Spieldauer einer Magnetton-Platte beträgt rund 15 Minuten. Da das Magnetton-Gerät außerdem mit dem automatischen Plattenspieler, dem Blaupunkt-Phonomat, verbunden ist, können mehrere Platten hintereinander aufgenommen und abgespielt werden.

Die Firma Dr.-Ing. Früngel GmbH., Hamburg, befaßt sich weiterhin mit der Herstellung von Ultraschall-Prüfgeräten nach dem Durchstrahlungsprinzip. Diese Geräte sind geeignet für die Ermittlung von Doppelungen in Bleistreifen bis zu 10 mm Dicke. Bei jeder auftretenden Doppelung, die aber mindestens die Dimension der Brech-

dicke haben muß, spricht ein starkes Relais an, das Farbspritzpistolen u. dgl. betätigt. Es lassen sich Streifenbreiten bis zu 40 mm in einem Durchgang untersuchen. Meist liegen bei Feinblechen die Doppelungen in der Mitte; die Bleistreifen, in denen Doppelungen beobachtet werden, werden für die weitere Fabrikation zur Vermeidung von Werkzeugbruch ausgesondert.

Die technischen Ultraschallgeräte „Fluophon“ werden für Durchflußgeschwindigkeiten, z. B. bei Alkohol, zwischen 30 und 300 l/h hergestellt. Die Geräte haben einen 1-Röhren-HF-Generator für eine Arbeitsfrequenz um 300 oder 1600 kHz, je nach Substanz, die verarbeitet werden soll. Der Schwingkreis ist temperaturstabilisiert. Der Schwingquarz befindet sich zusammen mit einer Reihenresonanzspule in einem Druckgasraum, der mit 4 atü gefüllt ist und dadurch sicheres Arbeiten bei den hohen HF-Spannungen bis zu 12 kV am Quarz ermöglicht. Außerdem ist Gel zur Lufttrocknung im Hochdruckraum eingebracht. Die Fluophon-Geräte werden meist mit einer akustischen Leistung von 400 W bei einer HF-Leistung von 800 W und einer Schwingleistung von 80 BkVA ausgelegt.

Eine interessante Neukonstruktion der Wilhelm Zeh KG., Freiburg i. Br., auf dem Gebiet der elektrischen Uhren ist die WZ-Elektρουhr. Durch völlige Entkoppelung des Pendels vom Uhrwerk hat die Uhr eine außergewöhnlich gute Gangleistung, trotz einfachen und robusten Aufbaues. Sie ist eine Pendeluhr mit einem Halbsekundenpendel. Das Pendel ist freischwingend an einer Feder aufgehängt und erhält seinen Antrieb durch ein Fallgewicht, das bei Erreichen seiner tiefsten Lage einen Kontakt schließt. Hierdurch wird ein Elektromagnet erregt und schaltet durch die Bewegung seines Ankers das Uhrwerk weiter, wobei gleichzeitig das Fallgewicht in seine Ausgangslage angehoben wird. Die durch das Fallgewicht dem Pendel zugeführte Energiemenge ist stets gleich groß, so daß die Pendelschwingung außerordentlich konstant ist. Durch dieses Antriebsprinzip ist der WZ-Elektρουhr besonders zuverlässig und genau. Da sie keine empfindlichen Teile besitzt, ist ihr Pflegebedarf minimal. Durch Einbau eines Polwendekontakts kann die Uhr bis zu 50 Nebenuhren steuern. Sie ist zum Anschluß an Gleichstrom von 2, 4, 6 oder 12 V Spannung vorgesehen. Der Stromverbrauch ist sehr gering.

Auf dem De-Te-We-Ausstellungsstand steuert eine elektrische Uhrenzentrale in moderner Stahlblechausführung eine Reihe von angeschlossenen Nebenuhren; die Zentrale genügt durch Verwendung von 2 sich gegenseitig kontrollierenden Hauptuhren und verschiedenen Überwachungseinrichtungen höchsten Sicherheitsansprüchen.

Zu den Erzeugnissen der Deutschen Telephonwerke und Kabelindustrie AG., Berlin, gehört der Hamann-Automat T, eine vollautomatische elektrische Rechenmaschine kleinen und handlichen Formats, die durch Weiterentwicklung und Vervollkommnung des Hamann-Automaten V entstanden ist und sich jetzt seit einem Jahr im In- und Ausland bestens bewährt hat. Die Maschine besitzt vollautomatische selbsttätig verkürzte Multiplikation, vollautomatische Division, Addition und Subtraktion mit automatischer Postenlöschung, motorische Schlittenlöschung, Umsteuermöglichkeit für positive und negative Ergebnisse. Quotienten können ohne Neueinstellung als Faktoren für eine darauffolgende Multiplikation verwandt werden. Die Kapazität der Maschine beträgt 9/8/16 Stellen. Der Hamann-Automat arbeitet nach dem bewährten Schaltklinkensystem, das lange feststehende Einstellhebel ermöglicht. Die Maschine könnte nach dem gleichen Arbeitssystem auch als Tastenmaschine gebaut werden. An der Hebeleinstellung wird jedoch bewußt festgehalten, da sie dem Hamann-Automaten gegenüber Tastenmaschinen mit gleicher Leistung den Vorteil des kleineren Formats, bedeutend niedrigeren Preises und größerer Betriebssicherheit gibt. Der Antrieb des Hamann-Automaten erfolgt durch einen De-Te-We-Volluniversalmotor für 110, 150 und 220 V Gleich- und Wechselstrom.

## Meß- und Regeltechnik

Die Serie der Präzisionsinstrumente von S & H wird in diesem Jahr durch ein weiteres Präzisionsinstrument für Wechselstrom ergänzt, das aber auch bei Gleichstrom den Bedingungen der Klasse 0,2 entspricht. Es hat ein Dreheisen-Präzisionsmeßwerk (Bild 31), das sich als völlige Neukonstruktion in mehrfacher Hinsicht von früheren Ausführungen unterscheidet. Früher hat man, um den Einfluß fremder Magnetfelder aufzuheben, Instrumente dieser Art in astatischer Bauart ausgeführt. Bei dieser mußten die wirksamen

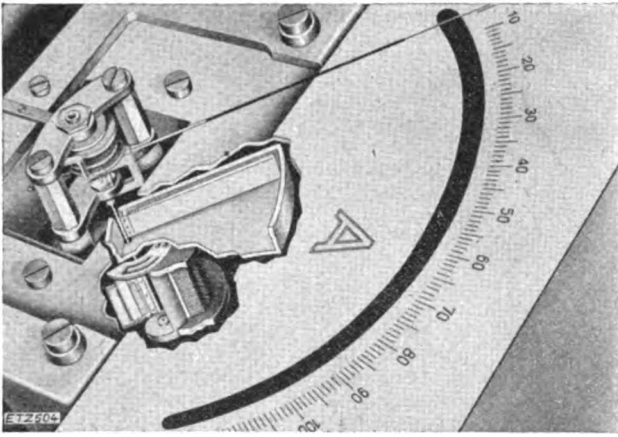


Bild 31. Meßwerk des Dreheisen-Präzisionsinstrumentes für Wechselstrom.

Teile doppelt vorhanden sein. Die Fortschritte auf dem Gebiet der hochpermeablen magnetischen Werkstoffe haben es zugelassen, bei dem neuen Meßwerk unter Verzicht auf eine Astasierung einen wesentlich besseren Fremdfeldschutz zu erreichen, der bis Null herab wirksam ist. Da die aktiven Teile des beweglichen Organs nicht mehr doppelt vorhanden zu sein brauchen, wirkt sich der Verzicht auf die Astasierung in einer Gewichtsverminderung des beweglichen Organs aus. In dieser für die meßtechnischen Eigenschaften und die Lebensdauer günstigen Hinsicht macht sich auch die neue Form des aktiven Eisens geltend. Früher wurden das feststehende und das bewegliche aktive Eisen so geformt, daß sich die abstoßende Kraft mit dem Ausschlag des beweglichen Teils in einer Weise veränderten, die der Überführung der an sich quadratischen Beziehung zwischen Meßwerk und Zeigerausschlag in eine lineare dienlich war. Bei dem neuen Meßwerk wird dieser Zweck durch die Form der Feldspulen, die eine zweckentsprechende Feldverteilung hervorruft, so vollkommen erreicht, daß die Skalenteilung vom Teilstrich 10 an fast linear verläuft. Die beiden aktiven Eisen haben daher die einfache Form feiner rechteckiger Plättchen, die einander — das eine fest, das andere schwenkbar — gegenüberstehen.

Gefertigt werden diese Plättchen aus einer Legierung von außerordentlich geringer Koerzitivkraft. Außer ihnen besteht das Meßwerk völlig aus eisenfreien Werkstoffen. Infolge dieser Maßnahmen sind die Hysterese- und die Gleichstromtoleranz nicht größer als je  $\pm 0,05\%$  des Meßbereichendwertes. Die Instrumente entsprechen daher sowohl für Wechsel- als auch für Gleichstrom der Klasse 0,2; sie können mit einem Gleichstromkompensator geeicht werden. Der Fremdfeldfehler, der lt. VDE  $\pm 3\%$  der Anzeige ausmachen darf, beträgt nur  $\pm 0,5\%$ .

Die Instrumente werden in verschiedenen Typen als Ein- und Mehrbereichstrom- oder Spannungsmesser geliefert, und zwar als Strommesser für 15...400 Hz und als Spannungsmesser für 15...150 Hz. Der Meßbereich der Strommesser kann bei Wechselstrommessungen in weiten Grenzen durch einen Stromwandler erweitert werden, der mit seinen zehn zwischen 0,1/5 und 100/5 A liegenden Übersetzungsverhältnissen als Meßbereichswähler anzusprechen ist.

Als neues Präzisionsinstrument ist ferner ein umschaltbarer Lichtmarkenstrom- und -spannungsmesser zu erwähnen, dessen Meßbereichendwerte wie folgt abgestuft sind: 0,1 — 0,3 — 1 — 3 — 10 — 30 mA; 10 — 30 — 100 — 300 — 1000 mV. Die Bereiche werden durch einen eingebauten Schalter umgeschaltet, der mit den Nebenwiderständen in einer Kreisschaltung liegt, so daß die an sich schon geringfügigen Übergangswiderstände das Meßergebnis nicht beeinflussen. Das Instrument entspricht der Genauigkeitsklasse 0,2.

Als Betriebsmeßgeräte werden neben dem Universal-Volt-Amperemeter UVA der Firma Gossen (13 Meßbereiche für Gleich-, Wechselstrom und Tonfrequenz) und dem Universal-Widerstandsmesser UNO (bis 50 M $\Omega$ ) die bekannten Mavometer gezeigt. Ein einzelner jeweils erforderlicher Meßbereich kann durch die Wahl eines Vor- oder Nebenwiderstandes eingestellt werden. Es ist bei dieser Anordnung ausgeschlossen, daß durch fehlerhafte Bedienung ein zu kleiner Meßbereich eingeschaltet und damit das Meßgerät überlastet wird.

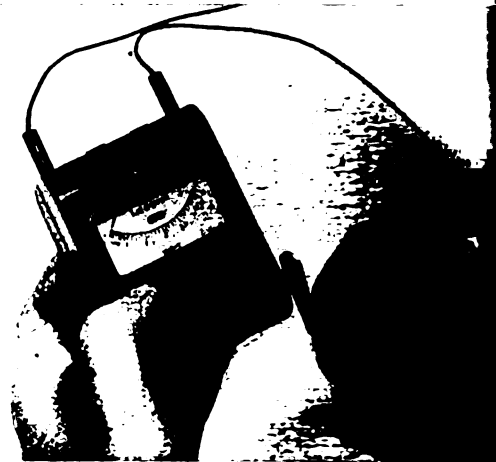


Bild 32. Kurbelinduktor Isognom.

Aus der U-Serie wird noch ein Endleistungsmesser gezeigt mit einem Abschlußwiderstand von 7500  $\Omega$  und 6 Spannungsmessbereichen von 1,5 ... 150 V, die mit oder ohne Kondensator eingeschaltet werden können. Eine seitlich anklappbare Gebrauchsanweisung gestattet eine direkte Ablese der Leistung in Abhängigkeit von der vorliegenden Spannung.

Die handlichen kleinen Betriebsmeßgeräte in den gefälligen Preßstoffgehäusen der Box-Serie, wie Triohm, Triovolt und Drehfeldrichtungsanzeiger RST-Box, finden Ergänzung durch den kleinen Kurbelinduktor Isognom (Bild 32) mit den Meßspannungen 125, 250 oder 500 V (Gehäuse-Abmessungen 75×100×50 mm, Gewicht 600 g). Dieser Kurbelinduktor ist mit einem Meßspannungs-Stabilisator ausgerüstet, der nach Erreichen der jeweiligen Meßspannung unabhängig von der Drehzahl eine zuverlässige Anzeige ergibt. Rutschkupplungen, Kontrollvoltmeter oder ähnliche Hilfsmittel sind dadurch entbehrlich geworden.

Die Wilhelm Zeh KG. zeigt wieder ihre bereits im Vorjahre in der ETZ beschriebene Stromzeigelampe für Wechselstrom im Verhältnis 1:100<sup>1</sup>.

Ein tragbarer Universal-Leistungsmesser der Metrawatt in kleinem und handlichem Tischgehäuse (Bild 33), Skalenlänge 105 mm, ermöglicht Wirk- und Blindleistungsmessung in beliebig belasteten Dreileiter-Drehstromnetzen, sowie Wirkleistungsmessung bei Einphasenwechselstrom, in den Spannungsmessbereichen 110/220/440/550 Volt, Strommeßbereich 5 A. Die Umschaltung von Wirk- und Blindleistungsmessung sowie die Einstellung der vier Spannungsmessbereiche erfolgt bequem mit zwei Schaltern. Die Bestimmung des Leistungsfaktors erfolgt durch die schnelle Umschaltmöglichkeit von Wirk- und Blindleistung gegeben. Die Ablesekonstante ist gleich für beide Schalterstellungen. Das Gerät ist mit einem eisengeschlossenen Dynamometer als Zweifach-Wattmeter ausgerüstet. Die Genauigkeit desselben entspricht der Klasse 1. Gefederte Stellschrauben schützen das Meßwerk auch bei robuster Handhabung vor Beschädigungen.



ETZ-90

Bild 33. Tragbarer Universal-Leistungsmesser.

Ein Leistungsmesskoffer von Gossen (Bild 34) enthält 1 Strom- und Spannungsmesser, 1 Drehfeld-Richtungsanzeiger, 1 Leistungsmesser mit nur einem Wirk-Blindleistungsumschalter für die Messungen der Wirkleistung u. zw. „Bezug“ oder „Abgabe“ sowie der „induktiven“ oder „kapazitiven“ Blindleistung. Das Gerät besitzt 4 Spannungsmessbereiche 110, 220, 380 und 500 V und 5 Strommeßbereiche 5, 10, 20, 50, 100 A (unter Last beliebig umschaltbar).

<sup>1</sup> ETZ 71 (1950) S. 222.

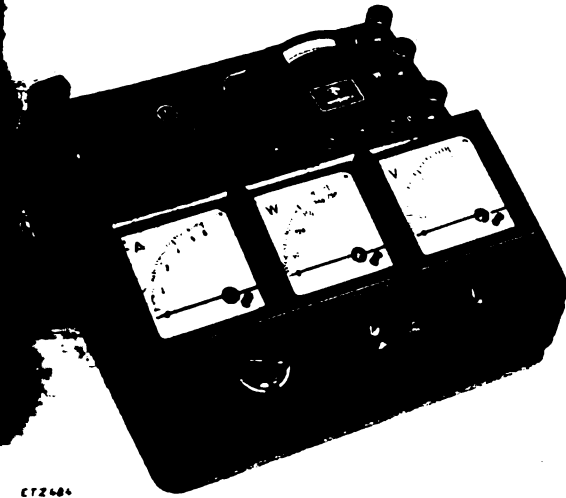


Bild 34. Leistungsmeßkoffer.

Für die Strommeßbereiche 200 und 400 A kann der ein- gebaute Stromwandler als Durchsteckwandler verwendet werden. Mit den zulässigen dauernden Überlastungen der Strom- und Spannungspfade betragen die höchsten Meßbe- reiche 600 V, 480 A und 300 kW. Zu dem Leistungsmeßkoffer werden neuartige **Sicherungsstöpsel** (Bild 35) für Sicherungs- elemente von 25, 60 und 100 A geliefert, die Messungen di- rekt an Sicherungs- und Zählertafeln erleichtern, man braucht die Leitungen nicht mehr

aufzutrennen. Zur Über- wachung des Leistungs- faktors benutzt man ne- ben Leistungsfaktormes- sern auch Einfach-, Dop- pel- und Dreifach-Lei- stungsmesser mit einem Umschalter, welcher ge- stattet, Wirkleistung und induktive oder kapazitive Blindleistung mit einem Meßgerät zu messen. Die- se Leistungsmesser wer- den zweckmäßig auch an Netzverteilerpunkten vor- gesehen und gestatten die Ausnutzung der ganzen Skala für Leistungs-Mes- sungen bei „Bezug“ und „Abgabe“ unter Verwen- dung des vorgenannten Umschalters.

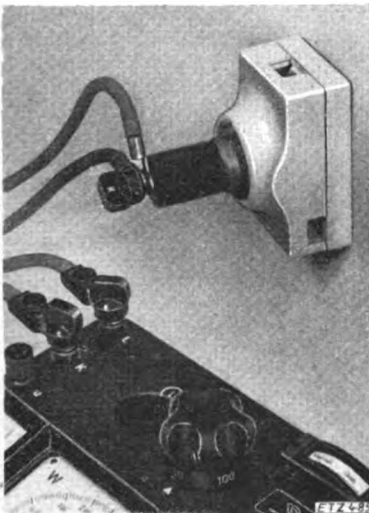


Bild 35. Sicherungsstöpsel zum Leistungsmeßkoffer.

Das neue biegsame **Strommeßband** der AEG mit isolierender Gummi- umhüllung kann um jeden Stromleiter während des Betriebes herumgelegt werden, worauf dann Strommes- sungen mit einem normalen Meßinstrument möglich sind. Die Länge des Bandes beträgt 750 mm, sein Meßbereich liegt zwischen 500 und 100 000 A, so daß z. B. bei Schweißmaschi- nen Messungen auch bei ganz großen Querschnitten möglich sind. Das Meßband wird mit dazugehörigem Anzeigeinstru- ment geliefert, es kann aber auch in Verbindung mit den bekannten Anzeige- und Registriergeräten benutzt werden.

Außer elektrostatischen Spannungsmessern und Kreuz- spulgeräten (für Temperatur-Messungen u. ä.) werden von der P. Gossen & Co. GmbH, die weitverbreiteten **Maximum-Strommesser** in neuen Ausführungsgrößen gezeigt. Diese Geräte dienen besonders zur Feststellung des maxi- malen Stromes in Netzspeisepunkten, Verteileranlagen und Kabeln. Mit kleinem meßtechnischem Aufwand lassen sich die während 8 oder 15 Minuten auftretenden Belastungs- spitzen einwandfrei erfassen. Der Maximalwert wird durch einen Schleppeziger (mit plombierbarer Zeigerrückführung) angezeigt und kann sowohl für die Beurteilung der Bela- stungsverhältnisse als auch für die Zwecke der Abrechnung verwendet werden (z. B. zur Ermittlung des Anschlußwertes eines Abnehmers).

Erstmalig wird ein **Kompensationsverstärker** vorgeführt. Es handelt sich um einen neuen Photozellenkompensator, der als ausgesprochenes Betriebsmeßgerät ausgebildet ist. Er ist mit entsprechenden Geräten zur Messung und Regi- strierung sehr kleiner Gleichspannungen geeignet. Weiter- hin kann er als hochempfindliches Nullinstrument, z. B. für Gleichstrombrücken, eingesetzt werden. Das Gerät ist mit einem auswechselbaren Widerstandssatz ausgerüstet, der je- weils 5 umschaltbaren Meßbereichen im Bereich 2 ... 1000 mV entspricht. Der abgegebene Strom beträgt je nach Ausfüh- rung 5 oder 10 mA.

Wechselströme und Wechselfspannungen technischer Frequenz, d. h. bis etwa 500 Hz, werden mit Meßgeräten mit Dreheisen-Meßwerk gemessen. Bei Frequenzen bis etwa 20 000 Hz verwendet man Drehspulgeräte in Verbindung mit Trockengleichrichtern und bei Frequenzen bis 10<sup>6</sup> Hz ha- ben sich Thermoumformer wieder in Verbindung mit hoch- wertigen Drehspul-Meßgeräten bestens bewährt. Bei hö- heren Frequenzen — dem eigentlichen Hochfrequenzgebiet — spielen nun außer dem Skineffekt und störenden Selbstin- duktionen auch Kapazitäten zwischen Meßgerät und Lei- tungen, zwischen Leitungen und Thermoumformer, zwischen den Teilen des Thermoumformers und Erde oder Masse der Gerätebauteile eine entscheidende Rolle. Wenn diese Ein- flußgrößen nicht beachtet werden, entstehen Fehler, die sehr beachtlich sein können. Die Gossen-Laboratorien können auf langjährige Erfahrungen in der Entwicklung sol- cher Spezialeinrichtungen zurückblicken.

Es ist von vornherein nicht abzusehen, ob man für die Lösung einer Meßaufgabe besonders ausgebildete Thermo- umformer oder Stromwandler in Verbindung mit Kupfer- Oxydul- oder Germanium-Gleichrichtern verwendet. Die Entscheidung hierüber muß an Hand der konkret vorliegenden Meßaufgabe gefällt werden, wo- bei es wesentlich ist, ob nur eine bestimmte Frequenz meßtech- nisch zu erfassen ist oder ob ein mehr oder weniger großer Fre- quenzbereich erfaßt werden soll. Es ist naheliegend, daß die Meß- einrichtungen teurer werden, je höher die Frequenz ist und je höhere Ansprüche an den zu er- fassenden Frequenzbereich ge- stellt werden. Auch der Tempe- raturbereich, in dem das Meß- gerät arbeiten soll, spielt hier- bei eine Rolle.

Weil die Forderungen an solche Meßeinrichtungen je nach der vorliegenden Meßaufgabe sehr stark voneinander abweichen, ist es kaum möglich, solche Einrichtungen listen- mäßig zu erfassen. Die folgende Tafel gibt über HF- Stromwandleranordnungen Auskunft (Bild 36).



Bild 36. HF-Stromwandler-Thermo- umformeranordnung 2,5 A, 34 ... 41 MHz.

Frequenzbereich MHz	HF-Stromstärken A	Frequenzvariationen bis
0,075 ... 0,60	0,5 ... 25	1 : 6
0,60 ... 3	0,5 ... 40	1 : 5
1 ... 10	0,1 ... 0,5	1 : 2
	0,6 ... 7,5	1 : 5
	8 ... 25	1 : 10
3 ... 30	0,2 ... 0,9	1 : 2
	1 ... 9	1 : 5
	10 ... 25	1 : 7
20 ... 86	0,010 ... 5	1 : 1,3

Die Meßgenauigkeit solcher HF-Stromwandler-Anord- nungen hängt ab vom Frequenzbereich, von der Stromstärke und dem Temperaturbereich. Die Firma Gossen kann Geräte innerhalb des Temperaturbereiches — 50 ... + 50 °C, in Ausnahmefällen bis + 65 °C herstellen.

Die Firma Metrawatt AG, Nürnberg, hat einen neuen **Bandschreiber** in raumsparendem Gehäuse entwickelt mit der genormten nutzbaren Schreibbreite von 120 mm bei einem Türrahmen-Außenmaß von 192x250 mm. Es han- delt sich dabei um den kleinsten gegenwärtig auf dem Markt befindlichen Bandschreiber mit dieser Schreibbreite. Seine Breite von 192 mm macht in Schmalfeld-Schaltanlagen

einen Zusammenbau mit den genormten Instrumenten 192×192 mm und 192×96 mm möglich. Die Verwendung der bewährten Lemniskaten-Gerädführung gestattet es, Skala und planablaufendes Registrierpapier innerhalb des schmalen Türrahmens unter Vermeidung jeglicher toten Fläche anzuordnen, so daß trotz der kleinen Abmessungen eine sichtbare Schreiblänge von 160 mm erreicht wird. Mit einem Handschaltgetriebe können 3 Vorschubgeschwindigkeiten für den Registrierstreifen wahlweise eingestellt werden.

Das Gerät ist als Leistungsschreiber für Einphasen-Wechselstrom und Dreileiter-Drehstrom gleicher und ungleicher Belastung mit temperatur- und frequenzfehlerkompensiertem Ferrarismesswerk ausgerüstet. Für die Registrierung von Vierleiter-Drehstrom ist neben der Verwendung von zwei Ferraris-Messwerken in der Schaltung als Zweieinhalbfach-Wattmeter ein besonderes eisengeschlossenes Dynamometer als Dreifach-Wattmeter entwickelt worden, bei welchem die drei beweglichen Spulen an einer gemeinsamen Achse angeordnet sind. Die Vermeidung der im allgemeinen üblichen Kupplung von drei einzelnen Meßwerken durch Bänder erhöht die Betriebssicherheit des Gerätes.

Für Strom- und Spannungsregistrierung ist der Bandschreiber mit Kernmagnet-Drehspulmeßwerk ausgerüstet. Der kleinste Gleichstrom-Meßbereich ist 0...250  $\mu$ A. Die Ausführung als Frequenzschreiber ist mit Ferraris-Quotientenmeßwerk ausgestattet — empfindlichster Meßbereich 49...51 Hz — dessen besondere Schaltung die Anzeige des Gerätes unabhängig von der Länge der Zuleitungen und weitgehendst unempfindlich gegenüber dem Einfluß des Oberwellengehaltes der Spannung macht. Der Temperatureinfluß auf die Anzeige wurde ebenfalls durch die Eigenart der Schaltung und unter Verwendung hochwertiger Kondensatoren vernachlässigbar klein gehalten.

Das auf der Messe des Jahres 1950 mit den Neukonstruktionen „Langer Schreiber“, „Kurzer Schreiber“ und „Breiter Schreiber“ von S & H bekanntgegebene Tintenschreiberprogramm<sup>2</sup> ist inzwischen in verschiedener Hinsicht so beträchtlich erweitert worden, daß heute für jeden Bedarfsfall ein geeignetes Gerät zur Verfügung steht. Hinsichtlich der Geräteformen ist die Reihe durch den „Raumsparenden Schreiber“, die „Tragbaren Schreiber“ und den „Multizet-Schreiber“ erweitert worden. Hinsichtlich der auf einem Registrierstreifen gleichzeitig aufzuzeichnenden Meßwerte ist eine ganze Reihe von Kombinationsmöglichkeiten geschaffen worden. Mit Kompensationsverstärkern lassen sich noch Ströme von 40  $\mu$ A und Spannungen von 1 mV mit Vollauschlag aufzeichnen und mit dem lichtelektrischen Verstärker solche von 0,2  $\mu$ A und 20  $\mu$ V.

Auf dem Messestand von S & H wird ein Schreiber für Doppelaufzeichnung (Wirk- und Blindlast) zusammen mit zwei Meßwertumformern im Betrieb gezeigt, während die SS W ein Maschinenschmalfeld mit raumsparenden Schreibern zeigen.

Von den „Tragbaren Schreibern“ (Bild 37) interessiert besonders der Multizetschreiber. Zu ihm gehört als Zusatzgerät ein Multizetinstrument, das als Sonderausführung zwei an den Eingängen des Multizetmeßwerks liegende zusätzliche Klemmen hat. Der an diese Klemmen angeschlossene Schreiber ist also parallel zum Multizetmeßwerk geschaltet. Die auf diese Weise dem Schreiber zugeführten Meßwerte werden in einem Kompensationsverstärker, der in den Schreiber eingebaut ist, in dem für das Schreibwerk erforderlichen Maße verstärkt. So können mit dem Multi-

zetschreiber alle mit dem Multizetinstrument meßbaren Strom- und Spannungswerte aufgezeichnet werden, so daß der Multizetschreiber genau wie das Instrument 13 Gleichstrom- und 12 Wechselstrombereiche erfaßt.

Dem Kompensationsverstärker liegt im wesentlichen das gleiche Prinzip zugrunde wie dem Kompensations-Ferris-Meßverfahren. Der Meßstrom oder die Meßspannung werden einem hochempfindlichen Drehspulmeßwerk zugeführt. Dieses schwenkt an Stelle des Zeigers mit geringem Ausschlag ein Aluminiumfähnchen zwischen den Rückkopplungsspulen einer Hochfrequenz-Schwingschaltung und steuert damit den Anodenstrom des Röhrengenerators von Null bis zu einem Maximum. Der HF-Strom wird über einen Transformator einer Gleichrichteranordnung zugeführt und der gleichgerichtete Strom dem Schreibermeßwerk. In einer Kompensationschaltung wird eine Spannung gewonnen, die der an der Drehspule liegenden gleich ist, aber entgegengesetzt geschaltet wird und daher den Ausschlag des Fähnchens jeweils in der Stellung begrenzt, in der der durch den Schreiber fließende Strom dem Meßwert proportional ist.

Der Kompensationsverstärker wird auch in anderen Schreibertypen eingebaut, z. B. in Schreibern, die zum Anzeichnen von Temperaturwerten an Thermolemente angeschlossen werden. Das bedeutet einen wesentlichen Fortschritt, da die Leistung von Thermolementen bekanntlich nicht für den Betrieb von Tintenschreibern ausreicht. Ein solcher Schreiber wird auf dem Messestand von S & H vorgeführt.

Noch kleinere Werte als mit dem Kompensationsverstärker lassen sich mit Hilfe des neuen lichtelektrischen Verstärkers aufzeichnen. Dieser Verstärker wird auf dem Messestand als Verstärker zwischen einem Ardrometer und einem tragbaren Schreiber vorgeführt. Die zu messende Größe wird als sehr kleine Spannung oder sehr kleiner Strom der Drehspule eines hochempfindlichen, möglichst richtkraftfreien Galvanometers zugeführt, das statt eines körperlichen Zeigers einen Spiegel schwenkt. Dieser wird angeleuchtet und reflektiert das Lichtbündel auf zwei nebeneinander liegende Photozellen, die in einer Spannungsteilerschaltung liegen. Jede Änderung der Richtung des Lichtbündels bewirkt eine mehr oder weniger verschobene Beleuchtung der Zellen, wodurch beide ihren Widerstand ändern und zwar in entgegengesetztem Sinne. Mittelspannung der Photozellen liegt am Steuergitter einer Verstärkerröhre, die dem angeschlossenen Tintenschreiber einen entsprechend verstärkten Strom zuführt. Ein von diesem Strom an einem Widerstand erzeugter Spannungsfall wird ausgenutzt, um dem Ausschlag des Galvanometers so entgegenzuwirken, daß es auf einen Wert begrenzt wird, bei dem der verstärkte Strom dem Meßwert proportional ist.

Der neue Blattschreiber für das Siemens-Hell-Verfahren bietet die Möglichkeit, durch das Niederschreiben der Nachrichten auf Blättern den Redaktionsbetrieb wesentlich zu vereinfachen. Zur Erläuterung der Wirkungsweise des neuen Blattschreibers sei kurz auf das Arbeiten des Streifenschreibers eingegangen. Im Streifenschreiber erregen die ankommenden Stromstöße den Magneten eines Schreibsystems, dessen Anker mit seiner Schreibschiene den Papierstreifen gegen eine umlaufende Spirale drückt. Durch eine Führungsrolle wird diese Spirale dauernd eingefärbt. Die Schreibspirale macht je Linie des Buchstabenfeldes eine Umdrehung. Zieht der Anker an, so gibt die Spirale im Berührungspunkt der sich senkrecht zur Laufrichtung des Schreibstreifens bewegt, Farbe an das Papier ab. Je nach der Länge des Stromstoßes wird somit ein kürzerer oder längerer Strich niedergeschrieben. Während jeder Umdrehung der Schreibspirale schiebt sich der Papierstreifen um eine Linienbreite vor, so daß also Linie neben Linie aufgezeichnet wird. Die Schreibspirale ist doppelgängig ausgeführt, so daß sie jeweils an zwei übereinanderliegenden Punkten den Papierstreifen berührt und jeden Buchstaben doppelt aufzeichnet. Stimmt nun die Geschwindigkeit der Schreibspirale nicht genau mit der des Gebers überein, so läuft die Schrift langsam nach oben oder nach unten, jeder Buchstabe wird aber stets wenigstens einmal vollständig abgedruckt.

Während also beim Streifenschreiber der Papierstreifen bewegt wird und die Schreibschiene mit dem Magnetstern feststeht, muß sie beim Blattschreiber über die Breite des Papiers geführt werden. Das Schreibmagnetsystem des Blattschreibers besteht aus zwei in Reihe geschalteten Sp-

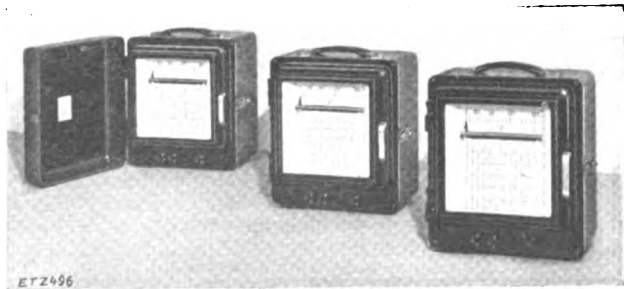


Bild 37. Tragbare Tintenschreiber.

<sup>2</sup> ETZ 71 (1950) S. 220.



ETZ-83

Bild 38. Präzisions-Stromwandler.

... deren Anker durch eine Welle starr miteinander verbunden sind. An der Welle sind zwei Winkel angeietet, die eine parallel zur Schreibwalze liegende Schreibleiste tragen. Wenn die beiden Schreibmagneten ihre Anker anziehen, drückt die Schreibleiste eine von drei Schreibschneiden und zwar diejenige, die sich gerade zwischen Schreibwalze und Schreibwalze befindet, gegen das Farbband und das dahinter liegende Papier. Die drei Schreibschneiden sind in Form kleiner Metallföhnchen auf einer endlosen Kette so angeordnet, daß die eine gerade links zwischen Schreibleiste und Schreibschneide tritt, wenn die andere rechts über die Schreibleiste verläßt. Da die Papierbahn während der Aufzeichnung weiter transportiert wird, würde die Zeile schräg von links oben nach rechts unten laufen. Um das zu vermeiden, ist das gesamte Schreibsystem gegenüber der Papierführung um einen bestimmten Winkel verkantet. Gegenüber dem Blattschreiber ist der Blattschreiber zusätzlich mit einer Synchronisiereneinrichtung versehen. Bei größeren Abweichungen im Synchronlauf wird die Drehzahl zunächst von Hand eingestellt. Die Papiervorratsrolle ist mit einem Tastenmechanismus versehen, der ein Signal einschaltet, sobald die Rolle verbraucht ist. Die Zeilen werden mit doppeltem Abstand geschrieben, so daß die empfangenen Nachrichten sofort bequem redaktionell bearbeitet werden können.

Der Präzisionsstromwandler Stw 2 der Firma Gossen, Erlangen, wird dieses Jahr in verbesserter Ausführung gefertigt (Bild 38). Dieser Wandler der Klasse 0,2 hat einen Umwandler für die Meßbereiche 5/10/20/50/100 A unter Last. Da die Meßbereiche dauernd 20% überlastbar sind, beträgt der höchste umschaltbare Strommeßbereich 120 A. Mittels Durchteckwindungen können außerdem 200, 400 und 800 A (mit Überlastung 960 A) gemessen werden. Der Wandler hat eine Leistung von 10 VA, was einer Bürde von 0,4  $\Omega$  entspricht. Seine geringen Abmessungen von 140x140x115 mm, bei einem Gewicht von nur 3 kg, machen ihn besonders für Messungen in Betrieben und bei Montagen geeignet.

Auf der Industriemesse in Hannover zeigen S & H zum erstenmal einen Übersetzungsmesser für Transformatoren (Bild 39), der in Fertigungswerken für Transformatoren und in Reparaturbetrieben gute Dienste leistet. Sein besonderer Vorteil besteht darin, daß man auch durch weniger geschultes Personal die Messungen vornehmen lassen kann. Einfachheit der Außenschaltung und des Meßvorgangs, wirksame Schutzvorrichtung gegen falsche Handhabung und die Tatsache, daß das Meßergebnis ohne jede Rechnung unmittelbar stellenrichtig abgelesen werden kann, sind die Voraussetzungen für diese Eigenschaften.

Mit dem Übersetzungsmesser wird die Leerlaufübersetzung nach einem Kompensationsverfahren auf  $\pm 0,1\%$  genau bestimmt. Der Prüfling liegt normalerweise ebenso wie zwei Klemmen des Übersetzungsmessers an einer Wechselspannung von 220 V, 50 Hz. Zwischen diesen beiden Klemmen ist ein Meßspannungsteiler geschaltet, dessen Abgriff mittels Meßbereichschalters verschoben werden kann, und dessen einer Zweig vier in Stufen schaltbare Dekadenwiderstände enthält. An ihnen wird eine Spannung eingestellt, mit der man die Leerlaufspannung des Prüflings über ein phasenabhängiges Nullinstrument kompensiert. Durch eine



ETZ-97

Bild 39. Übersetzungsmesser für Transformatoren.

„Empfindlichkeitssteuerung“ ist erreicht, daß die Abgleichempfindlichkeit praktisch konstant bleibt ( $\pm 1$  Teilstrich Ausschlag bei Abweichung des Übersetzungsverhältnisses um  $\pm 0,1\%$ ) und zwar unabhängig vom Meßbereich und von der Größe des Übersetzungsverhältnisses. Deshalb braucht nur auf  $\pm 1$  Teilstrich genau abgeglichen zu werden, wodurch das Messen sehr beschleunigt wird.

Die vier Dekadenabgleichschalter nehmen Ziffernscheiben mit, die so angeordnet sind, daß die der Schalterstellung entsprechende Ziffer unter einem Fenster der Deckplatte des Gerätes erscheint.

Für Transformatoren, die für eine Oberspannung von mehr als 30 kV ausgelegt sind und die man an eine höhere Meßspannung (2200 V) legen will, damit man nicht bei zu geringer Induktion mißt, sowie für Prüflinge, an die man nicht 220 V Meßspannung legen will oder die Erdschluß haben, werden ein Isolier- und Zwischenwandler und zwei Ausführungen von Reduzierwandlern geliefert. Der Übersetzungsmesser eignet sich auch für Messungen an Regeltransformatoren.

S & H zeigen in Hannover als Neukonstruktionen dieses Gebietes einen Vierstrahloszillographen mit einer neuartigen, von Hinderer angegebenen Vierstrahlröhre, die nur ein Strahlerzeugungssystem hat, sowie einen Stoßspannungszillographen, der überall dort wichtige Aufschlüsse vermitteln kann, wo mit der VDE-Stoßspannungswelle geprüft wird.

Die im Vierstrahloszillographen verwendete Röhre V 113 ist dadurch gekennzeichnet, daß Kathode, Linse, Anode und Zeitablenkplatten nur einmal vorhanden sind. Infolgedessen ist der Systemaufbau besonders einfach und die Zahl der für die Anschlüsse erforderlichen Durchführungen auf das Äußerste vermindert. Der Elektronenstrahl wird von einer zylindrischen Elektronenlinse in der senkrechten Ebene zu einem Strahlenfächer auseinandergezogen, der alle vier übereinander angeordneten Meßplatten durchstreicht. Jedes Plattenpaar entnimmt dem Strahlenfächer ein Strahlenbündel, und die vier Strahlenbündel werden durch vier gekreuzte Zylinderlinsen so zusammengezogen, daß auf der Schirmebene vier übereinander liegende Leuchtpunkte entstehen, die in der Nulllage 20 mm Abstand haben. Der Leuchtschirmdurchmesser beträgt 130 mm. Jeder Strahl kann in der x-Richtung 80 ... 90 mm, in der y-Richtung 35 ... 40 mm ausgesteuert werden. Bei einer Anodenspannung von 2 kV und einer Nachbeschleunigungsspannung von 4 kV (gegen Kathoden) betragen die Ablenkempfindlichkeiten etwa  $S_x = 0,2$  mm/V und  $S_y = 0,14$  mm/V. Gleiche Empfindlich-



keit und übereinstimmende Punktlagen und gemeinsame Einstellung der Punktlage in der x-Richtung ergeben sich schon aus dem Systemaufbau der Röhre. In der y-Richtung wird die Punktlage für jeden Strahl getrennt eingestellt. Dabei lassen sich je zwei benachbarte Strahlen zur Deckung bringen. Die x-Platten sind für symmetrische und die y-Platten für unsymmetrische Ablenkspannungen eingerichtet. Die Wirkungsweise des zur zeitproportionalen Ablenkung eingebauten Kippkreises läßt sich entsprechend den Meßaufgaben mit einem Umschalter bestimmen, und die Kippfrequenz ist zwischen 3 Hz und 170 kHz grob und fein, lückenlos einstellbar. Wird mit von selbst kippendem Zeitkreis gearbeitet, so kann die Synchronisierung über den eingebauten Synchronisierverstärker entweder durch die Meßspannung oder durch die Netzfrequenz erfolgen. Soll dagegen mit Auslösung der Zeitablenkung gearbeitet werden, so hat man die Möglichkeit, sie entweder einmalig oder periodisch vorzunehmen und zwar durch Schließen eines Kontaktes oder durch Anlegen eines negativen Spannungsimpulses. Umgekehrt kann auf eine Meßschaltung vom Oszillographen aus gesteuert werden. Das Schirmbild ist so hell, daß man auch bei den höchsten Ablenkgeschwindigkeiten noch einmalig beschriebene Kurven im verdunkelten Raum deutlich erkennen und mit lichtstarker Kamera einmalige Vorgänge bis zu Geschwindigkeiten auf dem Leuchtschirm von 25 km/s photographieren kann. Normalerweise laufen die vier Strahlen verdunkelt zurück. Falls erwünscht, kann der Rücklauf auch sichtbar gemacht werden. Außerdem lassen sich zur Zeitmarkierung Hell- oder Dunkel-Steuerspannungen anlegen.

Der **Stoßspannungs-Oszillograph** von S & H soll sehr schnell verlaufende Vorgänge aufzeichnen und ist daher mit einer Röhre großer Schirmbildhelligkeit ausgestattet, nämlich der mit 8 kV-Anodenspannung arbeitenden Spezialröhre HR 1/130/8. Ihr Schirm hat 130 mm Durchmesser und leuchtet blau. Die Ablenkempfindlichkeiten betragen bei 8 kV Anodenspannung etwa  $S_x = 0,13 \text{ mm/V}$  und  $S_y = 0,10 \text{ mm/V}$ ; symmetrische und unsymmetrische Spannungen können angelegt werden. Der Zeitablenkkreis ist der Anwendung entsprechend für einmalige, vom Vorgang ausgelöste Ablenkungen gebaut. Es können die folgenden, in logarithmischer Abstufung vorgesehenen Ablenkzeiten eingestellt werden: 3 — 10 — 30 — 100 — 300 — 1000  $\mu\text{s}$ . Die Nulllinie läßt sich mit einer Punktlagespannung um 30 mm heben oder senken. Infolgedessen läßt sich für jede Ablenkungsgeschwindigkeit die beim Oszillographieren der einseitig gerichteten Spannungstöße günstigste Ausnutzung des Leuchtschirms wählen. In der Bereitschaftsstellung ist der Leuchtfleck dunkel. Im Moment der Aufnahme wird er aufgehellt und der Strahl mit der eingestellten Geschwindigkeit abgelenkt. Mit blauempfindlichen Filmen und einer lichtstarken Optik der aufgesetzten Kleinbildkamera läßt sich eine maximale Schaltgeschwindigkeit von 500 km/s erreichen. Die Braunsche Röhre steht senkrecht im Gerät, das die Form eines kleinen Tisches hat und fahrbar ist. Der Kameratubus steht senkrecht über der Schirmbildfläche. Durch einen schräg nach vorn gerichteten Beobachtungstubus kann

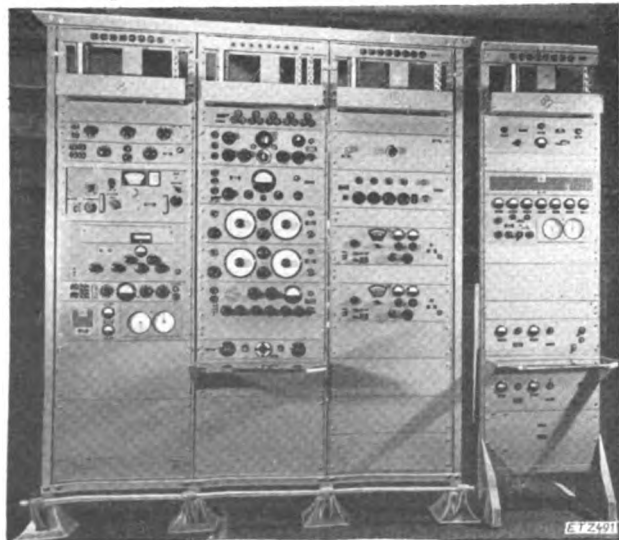


Bild 40. Frequenzmeßanlage.

man das Leuchtschaltbild auch während der Aufnahme beobachten. Der Oszillograph ist für Netzanschluß (220 V, 50 Hz) eingerichtet.

Für die genaue Messung von Frequenzen durch Vergleich mit einer oder einem System von Normalfrequenzen gibt es viele Methoden, die theoretisch und auf dem Papier bis ins letzte durchdacht vorliegen und von denen jede sich ihre besonderen Vorteile hat. Es ist ein Verdienst der Firma Rohde & Schwarz, eine dieser Methoden konsequent zu einer technischen Anlage ausgebildet zu haben, die durch sinnvolle Abstimmung aller Einzelgeräte aufeinander eindeutige Messungen höchster Präzision mit einem Minimum von Arbeits- und Zeitaufwand erlaubt. Der Frequenzbereich dieser **Frequenzmeßanlagen** (Bild 40) reicht von wenigen Hz bis hinauf zu 300 MHz, die Empfindlichkeit in der Größenordnung von Mikrovolt gestattet auch drahtlose Fernmessung von Sendern auf große Entfernungen. Die Meßgenauigkeit kann mühelos bis auf  $10^{-7}$  gebracht werden.

Die Anlagen fußen auf den bekannten Normalfrequenzanlagen dieser Firma, die, ausgehend von der Grundfrequenz 100 kHz einer eingebauten Quarzuhr auf dem Wege über Vervielfacher- und Verzerrergeräte, ein lückenlos bis 300 MHz reichendes System von gleichzeitig vorhandenen Normalfrequenzen gleicher Genauigkeit, ein Frequenzspektrum erzeugen. Die zu messende Frequenz, die, wie es ja bei Fernempfang immer der Fall ist, mit einer Unzahl weiterer Schwingungen vermischt sein darf, wird mit diesem Spektrum in hochwertigen Empfangsgeräten gemischt, die durch ihre direkte Eichung eine grobe Vormessung, durch ihre Selektivität die Auswahl gerade der Meßfrequenz und der nächstbenachbarten Spektrumsfrequenz ermöglichen. Das Mischprodukt, eine Differenzfrequenz im Niederfrequenzbereich, wird durch ein sehr selektives Filter mit automatischer Abstimmung von Störkomponenten wie z. B. der normalen Sendermodulation befreit und auf einem besonderen Oszillographen weiter ausgemessen. Hierzu dient ein Interpolations-Schwebungssumierer, der eine Meßgenauigkeit von 0,1 Hz gewährleistet. Ist die X-Frequenz selber konstant genug, so kann die Differenz auch automatisch gegen eine Normalfrequenz mit einem Schnellzählwerk ausgemessen werden, dessen Genauigkeit ohne weiteres bis zu hundertstel Hertz reicht. Ein direkt zeigender Frequenzmesser gestattet die unmittelbare Kontrolle der Differenzfrequenz mittels Zeigerinstrumentes und die laufende Registrierung von Frequenzänderungen.

Die Anlage, die schon mehrfach in der Rundfunküberwachung eingesetzt ist, ist in Gestellbauweise ausgeführt, die eine übersichtliche Anordnung aller Bedienungselemente sowie mühelose und rasche Handhabung gestattet. Selbst Messungen im Fernfeld an vielfach gestörten Sendern dürfen bei voller Wahrung der enormen Meßgenauigkeit nur weniger Minuten. Nach geeigneter Umformung in elektrische Schwingungen lassen sich auch alle anderen Arten von Schwingungen, z. B. solche mechanischer Natur, mit dieser Anlage meßtechnisch erfassen.

Zur Entwicklung und Fabrikation frequenzmodulierter Empfänger ist das im folgenden beschriebene Meßgerät von R & S gedacht. Der **Meßsender** umfaßt einen Bereich von 8 ... 14 und 20 ... 216 MHz. In dem ersten Bereich ist die Europa genormte Zwischenfrequenz von 10,7 MHz gedeckelt enthalten. Der über 200 MHz liegende Bereich ist für die kommende Fernseh-Entwicklung gedacht. Der Meßsender liefert an 60  $\Omega$  eine Spannung von 0,05  $\mu\text{V}$  ... 50 mV. Ausgangsspannung ist frequenz- und auch amplitudenunabhängig und kann auch die beiden Zustände gleichzeitig jedem beliebigen Hub und jedem beliebigen Modulationsgrad bis 80% aufweisen. Um frequenzmodulierte Empfänger auf ihre richtige Begrenzerwirkung prüfen zu können, ist diese Doppelmodulation von erhöhter Bedeutung. — Wirkungsweise des Senders ist kurz folgende: Als Oszillator arbeitet eine Röhre EC 81 in induktiver Dreipunktschaltung. Zu einem Teil der Spule liegt eine als Selbstinduktion geschaltete Reaktanzröhre parallel. Diese Röhre wird vom Bremsgitter gesteuert. In der Kathode der Röhre EC 81 liegt eine Röhre EL 41 als regelbarer Widerstand, die durch den auf den Sender folgenden Diode EB 41 automatisch geregelt wird und so für eine konstante Spannung des Oszillators sorgt. Die Röhre EB 41 dient gleichzeitig zur Anhebung der Oberspannung. Diese Spannung wird über einen K...



tiven Teiler der Endverstärkerröhre EF 42 zugeführt. Diese Röhre ist vom Bremsgitter zur Amplitudenmodulation ausgenutzt. In der Anode der Endverstärkerröhre liegt kapazitiv angekoppelt der Ausgangsspannungsteiler, der in 6 Stufen jeweils eine Teilung von 1:10 ergibt.

Die Stromversorgung erfolgt über ein räumlich getrenntes Netzteil, in dem sämtliche hierfür nötigen Schaltmittel in Röhren untergebracht sind. Durch die räumliche Trennung von Hochfrequenzteil und Stromversorgungsteil ist geringste Erwärmung und damit größte Konstanz gewährleistet.

Die eingestellten Modulationshöbe und Modulationsbreite sind an einem Instrument direkt ablesbar und können auf jeden beliebigen Wert geregelt werden. Für die kommende Fernseh-Entwicklung ist für dieses Gerät eine Fernmodulation von 0...6,5 MHz vorgesehen.

**Quarzfrequenzregelung beim UKW-Sender.** — Trotz des großen Hubes beim UKW-FM-Sender von fast  $\pm 1 \cdot 10^3$  Hz Trägerfrequenz wird eine Abweichung von der mittleren Frequenz von unter  $\pm 1000$  Hz gefordert. Um diese Fehlergrenzen für die mittlere Frequenz mit Sicherheit einhalten zu können, wendet man bei den direkten Verfahren der FM allgemein eine Regelung der mittleren Frequenz an. Dabei wird die mittlere Frequenz  $f_{st}$  des Steuersenders verglichen mit einem Quarzgenerator<sup>1</sup>, dessen Frequenz  $f_Q$  um einen festen Betrag  $\Delta f_0$  langsamer ist als der Nennwert des Senders. Beide werden gemischt und die Differenzfrequenz geht über ein steiles Tiefpaßfilter geleitet. Der Abgleichpunkt liegt auf der arithmetischen Mitte der Flanke dieses Filters, was hier zur Wandlung der Frequenzabweichung in Betragsschwankungen dient. Diese werden einer Wicklung eines klarisierten Relais mit mittlerer Nulleinstellung zugeführt, dessen Gegenfluß aus Stabilitätsgründen aus der Spannung vor dem Tiefpaß gespeist wird. Je nach der Frequenzlage des Steuersenders klappt der Relaisanker nach der einen oder anderen Seite um und läßt damit den Gleichstrommotor M in entsprechender Richtung laufen, der seinerseits einen Trimmer im Schwingkreis der Steuerstufe solange verkehrt, bis wieder das Frequenzgleichgewicht hergestellt ist. Dieses Verfahren würde nur versagen, wenn  $f_{st} - f_Q$  das Vorzeichen wechseln könnte. Dieser Fall kann bei der Dimensionierung leicht ausgeschlossen werden.

Betrachten wir einmal die möglichen Stellungen der Quarzfrequenz auf der Frequenzgeraden<sup>2</sup>. Diese wird durch die Festpunkte der Quarzfrequenz  $f_Q$  und der Sollfrequenz  $f_s$  in mehrere Gleichgewichtsbereiche geteilt. Der Frequenzamplitudenwandler bewirkt für jeden Wert der Differenzfrequenz, der kleiner als  $\Delta f_0$  ist, eine Regelung zu höheren Frequenzen. Das gilt für die Lage  $f_4$  genau so wie für  $f_3$ . Im Falle  $f_4$  wird also die Umwandlungskennlinie zunächst nach rechts bis Null und darauf aufwärts bis zum Sollwert verfahren. Abweichungen größer als  $\Delta f_0$  bewirken eine Regelung zu tieferen Frequenzen. Im Falle  $f_2$  erfolgt der gewünschte Abgleich im Soll. Bei  $f_5$  jedoch ist kein Gleichgewichtszustand möglich. Die Regelung zu tieferen Frequenzen setzt erst an der Grenze des Abgleichbereichs ihr Ende. Dieser Fall muß also ausgeschlossen werden.

Die Gleichgewichtslage  $f^*$  ist nur labil. Die geringste Abweichung mit steigender Tendenz hat eine Regelung in die stabile Sollage zur Folge, während eine fallende Auslenkung den mit  $f_5$  erfaßten Umkehrvorgang auslösen würde. Wenn man bei der Inbetriebnahme des Senders den Steuersender von höheren Frequenzen her verändert, bis die Regelung einsetzt, so ist der auszuschließende Bereich damit vermieden. Wir hatten aber gesehen, daß während des entscheidenden Einlaufvorganges der Gang der Frequenz immer negativ ist. Stand die Frequenz vor dem Einschalten in der Nähe des Solls, so wird also bei erneuter Einschaltung nach dem Auskühlen zunächst eine höhere Frequenz (im Größenbereich von  $f_2$ ) erregt werden, die von der einsetzenden Regelung sofort „eingefangen“ wird.

Das Verfahren ist eine Entwicklung des R & S-Mitarbeiter R. Leonhardt und ist durchaus noch erweiterungsfähig. An der Verringerung der Ansprechempfindlichkeit, die also an einer Herabsetzung des Regelintervalles unter  $\pm 1000$  Hz wird z. Zt. gearbeitet.

F & G stellt eine Reihe von Präzisionsmeßgeräten für Starkstrom- und Fernmeldetechnik aus. Als Neukon-

struktion wird ein **Kabelsuchgerät** gezeigt, bei dem ein Summerton auf das Kabel gegeben und der Verlauf des Kabels mittels Suchspule und Verstärkeranordnung festgestellt werden kann.

Die neuen **Synchronisier-Wandarme** der P. Gossen GmbH. (Bild 41) mit einer oder mit zwei Konsolen für quadratische Geräte erfreuen sich großer Beliebtheit durch ihr gefälliges Aussehen und ihre zuverlässige Ausführung.



ETZ 466

Bild 41. Synchronisier-Wandarm.

Die Synchronisier-Wandarme in stehender, hängender oder waagerechter Ausführung für Wandbefestigung und für Aufstellung von Schaltpulten, werden in vielen Kombinationen von Nullspannungsmessern, Doppelspannungsmessern, Doppelfrequenzmessern, Synchronoskopern und Phasenlampenapparaten ausgeführt.

Für Synchronisierungszwecke zeigt die Metrawatt A.G. ein **Synchronoskop mit Umlaufzeiger**, bei welchem ein neuartiges Ferraris-Quotientenmeßwerk angewendet wird. Der Vorteil dieses Meßwerkes liegt darin, daß das bewegliche Organ keiner Stromzuführung bedarf und das Gerät infolgedessen sehr robust und damit betriebssicher wird. Es wird auf der Sammelschienen- und Generatorseite einphasig angeschlossen. Das Synchronoskop wird auch in Verbindung mit einem Doppelvoltmeter und einem Doppelfrequenzmesser — alle Geräte in quadratischem Gehäuse 144x144 mm — zu einer vollständigen Synchronisier-Einrichtung in Form eines Wandarmes zusammengestellt.

Das große Interesse, welches die **Festmengengeräte** nach Ferrari in der Versorgungstechnik für die Zwecke der Planung, Betriebsführung und Tarifbildung in der Industrie für die Betriebsdurchleuchtung und Rationalisierung, sowie in der Forschung zur Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten und Ungesetzmäßigkeiten gefunden haben, findet seinen Ausdruck in der Weiterentwicklung der Apparaturen, von welcher die bei der AEG ausgestellten Festmengengeräte Zeugnis geben.

Eine neue Bauart des Festmengenkontaktes Form x, bei der eine Kontaktwalze und zwei Kontaktbürsten aus einer Silberlegierung verwendet werden, erfüllt nicht nur die Forderung auf geringste Reibung, wie sie vor allem bei Elektrizitätszählern gestellt wird, sondern gestattet auch den Anbau an Zählwerke sonstiger integrierender Messer mittels eines einfachen Trägers. Um besonders für den Anfang die Aufnahme von Festmengen-Stenogrammen zu erleichtern und um auch an den Stellen, an denen keine dauernde Registrierung beabsichtigt ist, vorübergehend Festmengen-Impulse aus beliebigen plombierten Zählern an Ort und Stelle gewinnen zu können, wurde ein **lichtelektrisches Abtastgerät Form LAG**, als ambulantes Koffergerät geschaffen. Die Photozelleneinrichtung wird auf den Zähler aufgeschnallt. Die rote Eichmarke auf der Zählertriebscheibe verursacht jeweils beim Passieren des Zählwerkfensters einen lichtelektrischen Impuls, der im Koffergerät verstärkt wird. Der ebenfalls eingebaute mehrstufige Impuls-wandler gibt die Möglichkeit, neben dem verstärkten Impuls je Umdrehung der Zähler-scheibe auch Festmengen-Impulse je 100, 200, 300, 400 und 500 Umdrehungen an entsprechend gekennzeichneten Stekerbuchsen gleichzeitig zu entnehmen. Das Gerät ist in geeigneter Abwandlung auch zur Erfassung anderer Zählobjekte für die Festmengen-Registrierung verwendbar und dürfte auch für Aufgaben der Zählerprüfung Eingang finden.

<sup>1</sup> s. ETZ 70 (1949) S. 340, Bild 6.

<sup>2</sup> s. ETZ 70 (1949) S. 340, Bild 7.

Aus der Gemeinschaftsarbeit mit der Firma **Schnittler & Co.**, Laufenburg/Baden, zeigt die AEG verschiedene Festmengen-Registriergeräte und Auswertautomaten, eine neue Umspulvorrichtung für Papierrollen, sowie Geräte für Kurzzeitmessung hoher Genauigkeit. Das **Festmengen-Registriergerät** erweist sich mehr und mehr als ein allgemein anwendbares Gerät zur Aufzeichnung von beliebigen Vorgängen, Zustandsgrößen oder Zeitpunkten. Dadurch, daß gleichzeitig zwei Registrierbahnen benutzt werden können, ist das Gerät nicht nur besonders wirtschaftlich, sondern gestattet auch den Verlauf des Verhältnisses von zwei Aufnahmeobjekten zu übersehen, deren Beziehung zueinander von Interesse ist. Nachdem nun Automaten zur Verfügung stehen, die einerseits eine maschinelle Ordnung der Aufzeichnungen zu differenzierten Darstellungen über beliebige Zeiträume und andererseits die Umschreibung in Mittelwerten gestatten, ist es klar geworden, welche Vorteile das Verfahren bietet, Meßgrößen durch eine Folge von Markierungen in einer Reihe hintereinander aufzuzeichnen.

Bei dem abgewandelten **Quotienten-Registriergerät Form QRG 2/2** wird der Vorschub des Registrierstreifens nicht mehr durch das Echappement des Uhrwerks, sondern durch ein Schrittschaltwerk gesteuert, welches kleine Transportschritte freigibt und von dem Kontaktgeber einer zweiten Zähl- oder Meßvorrichtung betätigt wird. Hiermit ist es möglich, unmittelbar Festmengen-Stenogramme von Verhältniswerten, wie Leistungsfaktor, Wirkungsgrad, Mischungsverhältnis o. dgl., herzustellen. Mit dem gleichen Gerät ist es nun auch generell möglich, Mittelwerte von Vorgängen veränderlicher Intensität und von schwankenden Zustandsgrößen über feste Zeitperioden in einer maschinell aufbereitungsfähigen Form aufzuzeichnen. Schließlich sind die Registriergeräte dieser Art auch dazu geeignet, Arbeitsvorgänge, die sich aus einer wechselnden Zahl von gleichen Operationen zusammensetzen, differenziert aufzuzeichnen. Die so erhaltenen technischen Stenogramme lassen sich ebenso wie das Festmengenstenogramm in den Auswertautomaten nach verschiedenen Gesichtspunkten zu geordneten Darstellungen, d. h. differenzierten Bilanzen auswerten, wie Häufigkeitsverteilungskurven und Dauerlinien, sowie durch Zackenschreiber in Mittelwertdiagramme umschreiben.

Der Auswertautomat **JT 1** hat eine Doppelabstastvorrichtung, damit man auch Registrierstreifen auswerten kann, welche unter Ausnutzung der beiden Registrierbahnen links die Markierung des Anfangs und rechts die Markierung des Endes eines Vorgangs enthalten. Diese Art der Aufzeichnung und Auswertung ist dann gegeben, wenn die Festmengen mit Pausen aufeinander folgen, wie es z. B. für die Statistik der Stückzeiten von Arbeitsstücken, die Statistik von Telefongesprächen u. dgl. der Fall ist. Die Pausen selbst können dann durch einen zweiten Auswertungsgang ebenfalls geordnet, d. h. in die Form von Häufigkeitsverteilungskurven, Dauerlinien und Durchschnittskurven über der Tageszeit gebracht werden.

Mit dem **Umschreibautomaten Form U** erscheint ein neues Gerät nach dem Festmengen-Prinzip, das als Mittelwertschreiber den Verlauf beliebiger Vorgänge wiedergibt. Es kann überall da verwendet werden, wo primär ein integrierender Messer (Zähler) oder ein anzeigendes Gerät (Meßinstrument) unmittelbar durch den Festmengenkontakt oder mittelbar über ein umformendes Zwischenglied (z. B. Widerstandsgeber und Zähler) Festmengenimpulse liefern kann.

Die **Umspulvorrichtung Form A** stellt ein Hilfsgerät dar, in dem ein Asynchronmotor die aus dem Festmengen-Registriergerät entnommenen Papierrollen (1 Monat = rd. 45 m) mit großer Geschwindigkeit umspult, damit der Anfang des Streifens wieder nach außen kommt. Mit Handkurbel und Reibungskupplung kann man den Streifen auch während des Umspulens langsam vorwärts oder rückwärts bewegen und auch auf dem Ablauftisch unter einem Fenster die Lochabstände näher besehen. Dabei läuft ein Zeiger über einer Teilscheibe mit, welche Datum und Wochentage erkennen läßt, so daß man Tag und Stunde nach dem Stunden- und Minutenaufdruck des Streifens leicht vorführen kann. Mittels einer aufsetzbaren Optik mit Okularmikrometer läßt sich der Lochabstand auf mindestens  $\frac{1}{10}$  mm genau feststellen, so daß man auch auf diesem Wege den Intensitäts-Mittelwert der betreffenden Festmenge bestimmen kann. Diese spezielle und vereinfachte Auswertung genügt dann,

wenn es sich lediglich darum handelt, nachträglich feststellen, welche Leistung die einzelnen Abnahmestellen zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgewiesen haben, z. B. zu Zeit der Werkshöchstleistung oder während einer Störung. Für die Durchführung von leistungsabhängigen Stromtarifen insbesondere bei mittleren Abnehmern zur Ablösung der Tarife nach Anschlußwert, ist das Interesse für das **AEG-Tarifgerät, System Ferrari**, auch Festmengen-zähler genannt wieder rege geworden. Es wird in der Ausführung **Form TG 10** gezeigt. In Verbindung mit dem Fernsteuersystem **AEG-Zellweger** ist eine tariflich besonders wirkungsvolle Kombination möglich. Hierbei wird die Überlastungskontrolle auf die Spitzenstunden beschränkt, so daß in dieser Zeit der Abnehmer Strom zum gewöhnlichen Arbeitspreis nur bis zur Höhe der „bestellten“ Tarifleistung, im übrigen aber in der Leistung unbegrenzt, entnehmen kann. Überlastungs-kWh werden nur in den Spitzenstunden registriert und zu einem erhöhten Preis abgerechnet. Auch bei Gastarifen wächst das Interesse für eine leistungsabhängige Preisbildung. Mit Hilfe des Tarifgerätes **Form TG 10** kann auch hier der Festmengentarif angewendet werden. Festmengenkontakte für Gasmesser werden bereits hergestellt.

Das **Intensitäts-Signalgerät Form TG 10 k** ist ein universelles Gerät zur Meldung der Unterschreitung oder Überschreitung eines einstellbaren Wertes einer Zähl- oder Meßgröße und zwar auf Grundlage einer Mittelwertbildung nach dem Festmengen-Prinzip. Auch hier wird primär nur ein Geber beliebiger Art benötigt, d. h., ein Zähler mit Festmengenkontakt oder ein Impulsgeber von einem anzeigenden Meßgerät.

In sinnvoller Weise ist das Festmengen-Prinzip schließlich auch im **Blindlastregler, Form BR 12** angewendet worden, einem Gerät, das zur selbsttätigen Zu- und Abschaltung von Kondensatoreinheiten in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor dient. Das Gerät vereinigt alle Elemente in einem Gehäuse: Drehstrom-Blindverbrauchszähler, Festmengenrelais, Umschalter für Zu- und Abschalttrichtung, Stufenschalter mit 12 Stufen, Nullspannungsabschalter und Eingangsstufenwandler zur Anpassung an die jeweilige Größe der Einheiten der Kondensatorengruppe. Der Blindverbrauchszähler ist auf Stillstand bei dem vorgeschriebenen  $\cos \varphi$  eingestellt, z. B. 0,9. Bei Unter- und Überschreitung ergeben sich also zwei Drehrichtungen; für jede ist ein eigener Festmengenkontakt vorgesehen. Die Festmengenimpulse werden auf ein Festmengen-Relais gegeben, das im Aufbau mit dem des Tarifgerätes **Form TG 10** übereinstimmt. Es entscheidet, ob im einen oder dem anderen Sinne die Festmenge der Zählerumdrehungen jeweils die Grenzzeit (z. B. von 3 min) über- oder unterschritten hat. Entsprechend dem Ergebnis dieser Prüfung wird durch Umschaltmagnete der Stufenschalter zur Zu- oder Abschaltung von Kondensatoreinheiten in Tätigkeit gesetzt.

Die besonderen Vorteile des Systems bestehen darin, daß ein umso rascherer Eingriff des Reglers erfolgt, je größer das Maß der Unterschreitung oder Überschreitung ist, daß durch die Zwischenschaltung des Festmengenrelais der Zähler entlastet wird, daß die kräftigen Schaltmagnete verstärkte Impulse empfangen und daß der Stufenschalter mit 12 Schaltröhren für 10 A bestückt werden konnte.

Nach dem Prinzip des Blindlastreglers lassen sich auch andere Aufgaben zur stufenweisen Regelung auf der Grundlage von Mittelwerten lösen. In diesen Fällen treten an die Stelle des Blindverbrauchszählers Festmengengeber von beliebigen Zählern oder Meßgeräten, die auch außerhalb des Gerätes arbeiten können und nur durch eine Festmengen-Impulsleitung damit verbunden zu werden brauchen.

Geräte für Kurzzeitmessung hoher Genauigkeit werden bei der AEG im Betrieb vorgeführt. Als **Zeitnormal** dient ein stimmgabelgesteuerter Normalfrequenz-Röhrengenerators für 50 Hz. Mit diesem Zeitnormal werden eine Zeitwaage mit stroboskopischer Lichtblitzquelle und eine Stroboskopuhr für  $\frac{2}{100}$  s-Ablesung betrieben.

Bestimmend für die neuen Ausführungen von **Geräten für Summen- und Fernzählung** der **SSW** war vor allem die Forderung, derartige Anlagen wechselnden Betriebsverhältnissen leicht anpassen zu können. Daher wurden die einzelnen Geräte weitgehend unterteilt, um an jeder Stelle Erweiterungen vornehmen zu können. Änderungen im Übersetzungsverhältnis der Meßwandler der einzelnen

summanden werden durch Austausch leicht zugänglicher Wechselräder im Summen-Fernzählwerk (Bild 42) berücksichtigt. Der Kontaktgeberzähler bleibt jeweils unverändert. Zwischen dem Meßwerk des Zählers und dem Kontaktgebewerk liegt ein Nachlaufgetriebe, das den Zähler völlig entlastet und andererseits für das Kontaktgebewerk ein kräftiges Drehmoment abgibt. Der kleine, selbstlaufende Synchronmotor dieses Getriebes mit nem Eigenverbrauch von etwa 2 VA wird auch den Tarifwerken und Summengetrieben verwendet, um zwar zur Umrückung von Impulsen in halbschritte oder umgekehrt. Der erreichte Vorteil liegt beim Zähler in einer Erhöhung der Konstanz der Meßgenauigkeit, bei den Tarifwerken und Summierungsgetrieben in einer größeren Kraftreserve. Diese Kraftreserve erlaubt den Anbau jeder Vorrichtung und den Einsatz von Einzelzählwerken, so daß eine fortlaufende Kontrolle vom Anfangs- bis zum Endwert gegeben ist. Mit Hilfe der neuen Bauarten (Bild 43) kann jede tarifliche Aufgabe gelöst werden, also z. B. Summen- und Differenzbildung vom Wirk-, Blind- und Scheinverbrauch, Wirk-, Blind- und Scheinleistungsmaximum, Maximumüberwachung der Wirk- und Scheinleistung in kleinen, einstellbaren Stufen mit Maximumwächtern und Einstellgetriebe.

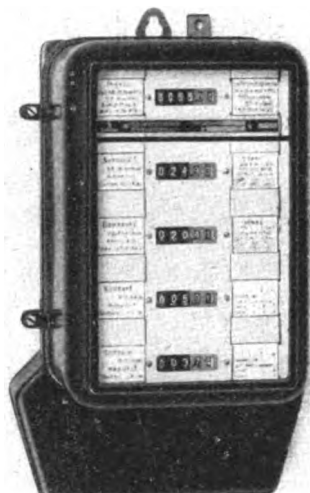


Bild 42. Summen-Fernzählwerk

Das neue AEG-Blitz-Elektronenmikroskop stellt eine Weiterentwicklung des elektronischen AEG-Gerätes dar. Die Neuausführung zeichnet sich aus durch eine gleichmäßige Aufteilung der Gesamtvergrößerung in einen elektronenoptischen und einen lichtoptischen Teil, so daß die Objekte weitgehend geschont werden. Die Gesamtvergrößerung beträgt hierbei 300 000. Es besitzt eine leicht justierbare Fernfokus-Kathode, die Stigmata zur schnellen Beseitigung von Asymmetrien, die automatisch arbeitenden Schleusen für Objekte und Photoplatten sowie die Einrichtungen für stereoskopische Bilder und Bilder im Dunkelfeld sind bekannte Vorzüge des AEG-Zeißgerätes.

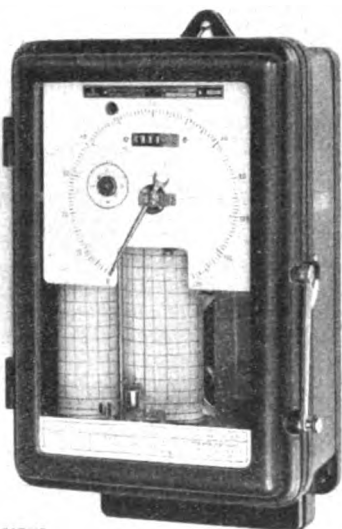


Bild 43. Fernzählwerk mit anzeigendem und schreibendem Maximumwerk und kWh-Zählwerk

An Beleuchtungsmessern stellt die P. Gossen & Co., mbH., aus: Das kleine Taschen-Luxmeter Parvux 2, für 1 und 3000 N-Lux, die Beleuchtungsmesser der Box- und U-Serie: Bolux, Trilux (Bild 44) und UVA-Lux, die tragbaren größeren Geräte in Preßstoffgehäuse Type Mavux, in Einzelkasten Typ Pt 3-Lux und die große Laboratoriums-Ausstattung Mavux-Gigant. Außer dem Parvux 2 weisen alle anderen Beleuchtungsmesser getrennte Zellen auf. Die kleinsten Meßbereiche für die Typen Pt 3-Lux und Mavux-Gigant betragen 0-6 N-Lux und gestatten bei einer 120-stufigen Skala relativ genaue Messungen.

Das Farbttemperatur-Meßgerät „Sixticolor“ dient vornehmlich phototechnischen Messungen. Es gestattet die Bestimmung der Farbttemperatur, d. h. des Farbcharakters von Lichtquellen, sofern sich dieser durch Angabe einer Farb-



ETZ 482

Bild 44. Beleuchtungsmesser der Box-Serie.

temperatur kennzeichnen läßt. Unter „Farbttemperatur“ wird dabei jene Temperatur verstanden, bei der die von einem „Schwarzen Körper“ ausgesandten Strahlen eine spektrale Energieverteilung hat, die wenigstens annähernd der entspricht, die bei der zu prüfenden Lichtquelle vorliegt. Meßbereich: 2000 ... 10000° K.

Um der steigenden Nachfrage nach betriebstüchtigen und einfach zu handhabenden pH-Meßgeräten gerecht zu werden, haben Siemens & Halske für die laufende Betriebsüberwachung und für Serienmessungen sowie für wissenschaftliche Untersuchungen und Kontrollmessungen im Laboratorium und Betrieb eine Reihe neuer Geräte für die pH-Messung herausgebracht.

Für Serienuntersuchungen und für die laufende Betriebsüberwachung dient eine besonders einfache feste Silberchlorid-Vergleichselektrode. Zum Unterschied von anderen Elektroden wird für diese neue Form keine Flüssigkeit und kein Diaphragma verwendet. Ihr Vergleichspotential ist konstant und weitgehend unabhängig von der Zusammensetzung der zu untersuchenden Flüssigkeit. Infolgedessen sind Geber mit der neuen Elektrode immer betriebsbereit und bedürfen keiner Wartung.

Eine neue Antimon-Silberchlorid-Stabelektrode (Bild 45) zeichnet sich durch einen besonders einfachen Aufbau aus. Für die Bodenuntersuchungen zur Feststellung des Kalkbedarfs wird die Stabelektrode unmittelbar in den Bodenbrei gesteckt. In wenigen Sekunden kann der pH-Wert an einem kleinen Tischinstrument Form Z (Meßbereich 0 ... 9 pH) abgelesen werden. Bild 46 zeigt verschiedene Elektrodenausführungen.

Während bei Verwendung einer Antimon-Elektrode an den Geber wie bei der Stabelektrode unmittelbar ein Anzeiger angeschlossen werden kann, ist bei Glaselektroden, die für die pH-Messung fast aller Lösungen geeignet sind, eine Verstärkung erforderlich. Hierfür wurde ein neuer Gleichspannungs-Röhrenverstärker entwickelt. Er zeichnet sich besonders aus durch seinen hohen Eingangswiderstand von



ETZ 502

Bild 45. Antimon-Silberchlorid-Stabelektrode mit Tischinstrument.

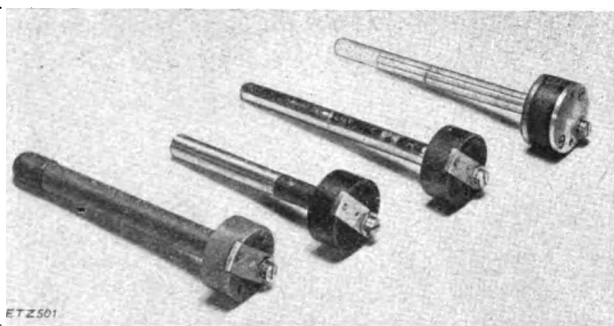


Bild 46. Verschiedene Elektrodenausführungen für pH-Messungen.

etwa 2500 MΩ, so daß hochohmige Glaselektroden bis zu etwa 50 MΩ angeschlossen und damit einwandfreie Meßergebnisse erzielt werden können.

Für wissenschaftliche Untersuchungen und Betriebskontrollmessungen wurde ein neuer tragbarer pH-Kompensator herausgebracht. Dieses Gerät ist durch folgende Besonderheiten gekennzeichnet: Die Meßgröße kann unmittelbar in pH-Werten abgelesen werden, und zwar sowohl bei Verwendung der Chinhydrone-Kalomel-Elektrode, als auch der Chinhydrone-Silberchlorid-Elektrode; außerdem ist eine Messung mit niederohmigen Glaselektroden (0,3 ... 0,5 MΩ) möglich. Durch besondere Temperaturkompensation wird der pH-Wert unabhängig von der Temperatur angezeigt. Der Kompensator kann zugleich für die Messung anderer Potential-Differenzen (Bereich 0 ... 1100 mV) verwendet werden, so z. B. zur Bestimmung der EMK von sonstigen galvanischen Elementen.

Der von Siemens & Halske neuentwickelte elektrische Sauerstoffmesser ist für solche Feuerungen bestimmt, bei denen der maximale Kohlensäuregehalt des Brennstoffs nicht konstant oder sehr gering ist, wie bei Misch- oder Koksofengas. In solchen Fällen würde die sonst übliche Bestimmung des CO<sub>2</sub>- und des CO + H<sub>2</sub>-Gehaltes der Rauchgase für die Feuerführung nicht ausreichen. Weiterhin eignet sich der Sauerstoffmesser auch für solche Gase, in denen außer durch die Verbrennung noch auf andere Art CO<sub>2</sub> entsteht, wie bei Kalk- und Zementöfen. Der neue O<sub>2</sub>-Messers arbeitet ebenfalls nach einem elektrischen Verfahren und ermöglicht deshalb eine Anzeige in beliebiger Entfernung vom Meßort sowie eine Registrierung. Seine Wirkungsweise beruht auf der Tatsache, daß Sauerstoff im Gegensatz zu den meisten anderen Gasen paramagnetisch ist und zwar umso stärker, je niedriger seine Temperatur ist. Das zu untersuchende Gasgemisch diffundiert aus einem Zuströmkanal in eine Meßkammer (Bild 47), in der eine elektrisch geheizte Drahtschleife ausgespannt ist. Unter der Schleife liegen die Polschuhe eines kräftigen Dauermagneten. Durch diesen werden die kälteren Sauerstoffmoleküle stärker angezogen als die durch den Heizdraht erwärmten, und es entsteht eine in ihrer Stärke vom Sauerstoffgehalt des Gasgemisches abhängige Strömung von dem Magneten fort in Richtung der Meßdrähte. Dadurch werden diese mehr oder weniger abgekühlt und nehmen eine Temperatur an, die ein Maß für den Sauerstoffgehalt ist. Die durch die Temperaturänderung hervorgerufenen Widerstandsänderungen werden in einer Brückenschaltung wirksam und angezeigt. Das Instrument ist unmittelbar in % O<sub>2</sub> geeicht. Das Meßkammersystem besteht aus vier gleichen Kammern, davon zwei mit und zwei ohne Magnet, die so ausgeführt und angeordnet sind, daß in elektrischer, thermischer und geometrischer Beziehung vollkommene Symmetrie besteht. Infolgedessen bleiben Änderungen in der Wärmeleitfähigkeit des Gasgemisches in weiten Grenzen ohne Einfluß. Raumtemperaturschwankungen wirken sich nur in geringem Maße aus. Der Einfluß von Änderungen im Atmosphärendruck ist vernachlässigbar klein. Der Meßbereich läßt sich dem jeweiligen

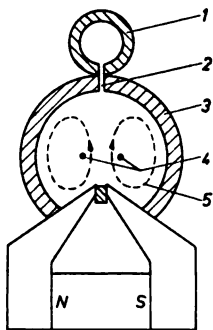


Bild 47. Meßkammer des O<sub>2</sub>-Messers, schematisch.

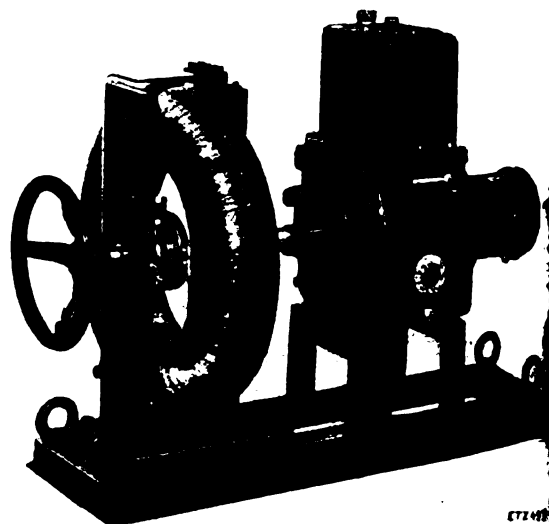


Bild 48. Netzspannungs-Schnellregler.

Verwendungszweck anpassen. Man wird z. B. bei Dampfkesselfeuerungen mit festem Brennstoff einen Bereich von 0 ... 10% O<sub>2</sub> wählen und bei Hochofengas-Feuerungen und Zementöfen einen solchen von 0 ... 5%. Auch andere Meßbereiche, etwa von 80 ... 100% für gasanalytische Untersuchungen anderer Art, sind ohne weiteres ausführbar. Es können auch mehrere Anzeiger parallel geschaltet sowie ein Punktschreiber angeschlossen werden.

Ein neuer Netzspannungs-Schnellregler der Gebrotherm, Göttingen, in offener Bauweise liegt vor (Bild 48), bei welchem ein vom elektrischen Meßwerk gesteuerter Servo-Motor selbsttätig auf hydraulischem Wege einen Ringkern-Transformator verstellt. Die Regelanzeige liegt innerhalb von ± 1% des Nennwertes bei 1,5 m/min Regelgeschwindigkeit. In Präzisionsausführung dieses Reglers betragen die entsprechenden Werte ± 0,1% und 0,65 m/min. Der neue Netzspannungs-Schnellregler, lieferbar für ein- oder mehrphasigen Wechselstrom, ist bestimmt für den Einbau in einen gegen den Zutritt Unbefugter geschützten Raum.

Der Raumthermostat TFQ 30 der Metzner & Jung GmbH, Wuppertal, dient zur Überwachung der Raumtemperatur in Kühlräumen (Bild 49). Er schaltet bei steigender Temperatur ein und bei sinkender Temperatur aus (für Raumheizung, Wärmeschränke, Gewächshäuser u. dgl. wird die umgekehrte Schaltweise verlangt; dazu wird die äußerlich gleich aussehende Type TFQR 30 verwendet).



ETZ 589

Bild 49. Raumthermostat.

Der Raumthermostat TFQ 30 weicht auch in seiner äußeren Form ganz erheblich von den bisher üblichen Ausführungen ab: sichtbare Skalen für Temperatur und Temperaturdifferenz, einfache Verstell- und Regelmöglichkeiten und der Einbau eines Vergleichsthermometers in das Gehäuse. Alle elektrischen und mechanischen Teile sind durch eine Gummiringung, der beim Aufschrauben der Schutzkappe angepreßt wird, feuchtigkeitsdicht abgeschlossen und damit allen schädigenden Einwirkungen der Außenluft entzogen.

Das Quecksilberrohr der Thermostate TFQ 30 ist ausreichend für Ströme bis 2 A. Ebenso können mit ihm die Steuerströme sämtlicher „FANAL“-Schütze und Selbsttaster für Dreh- und Gleichstrom geschaltet werden.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,

Telefon: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### VDE-Bestimmungen und Energiewirtschaftsgesetz

Aus verschiedenen Anlässen weisen wir auf folgendes

in:

Die VDE-Bestimmungen (Vorschriften, Regeln und Leitsätze) gelten als anerkannte Regeln der Elektrotechnik, nach denen elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte einzurichten und zu unterhalten sind [vgl. § 1 der 2. Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 31. 8. 1937, Reichsgesetzblatt 1937, Teil I, Nr. 97, S. 918 und ETZ 58 (1937) S. 1016 u. 1021]<sup>1</sup>.

Der II. Zivilsenat des Obersten Gerichtshofes für die Britische Zone hat in seinem Urteil II b ZS 39/49 vom 9. 1. 1950 im Zusammenhang mit den möglichen Sicherheitsmaßnahmen, die beim Bauen und Überwachen von elektrischen Anlagen zu treffen sind, nachstehendes festgestellt:

„Diese Möglichkeiten werden jeweils in den VDE-Vorschriften berücksichtigt, deren Bedeutung seit dem Inkrafttreten des § 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz vom 31. August 1937 (RGBl. I S. 918) gesetzliche Anerkennung gefunden hat und die damit zum Schutzgesetz im Sinne des § 823 Abs. 2 BGB. geworden sind.“

ermittelt wird auf Grund des unverändert gültigen Energiewirtschaftsgesetzes bestätigt, daß die VDE-Vorschriften Schutzgesetze im Sinne des § 823 Abs. 2 des Bürgerlichen Gesetzbuches sind.

#### Druckschriften

Die Geschäftsstelle des VDE hat folgende Druckschriften aufgefäßt bzw. zusammengestellt:

DE 0020/3.51 „Entwicklung und Aufbau des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“

DE 0022/3.51 „Vorschriftenwerk des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“ (Bedeutung, Einteilung und Zustandekommen des Vorschriftenwerkes)

DE 0024/2.51 „Prüfstelle und Prüfzeichen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. (VDE)“

Der Vorstand des VDE hat diese Druckschriften im Februar w. März 1951 genehmigt. Sie können vom VDE-Verlag abh., Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667, und dessen Reprintniederlassung Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, Sonderdrucke zu nachstehenden Preisen bezogen werden:

DM —,50 für VDE 0020, DM —,30 für VDE 0022 und DM —,40 für VDE 0024.

Diese Druckschriften treten an die Stelle der nachstehenden, älteren Druckschriften:

DE 0020/III.42 „Entwicklung und Aufbau des VDE“

DE 0021/IV.44 „Prüfstelle des VDE“

DE 0022/IV.44 „Arbeitsgebiet der VDE-Prüfstelle für Prüfungen nach VDE-Bestimmungen“.

Erster wird durch VDE 0024/2.51 das Normblatt DIN 40010 (DIN VDE 10) „VDE-Zeichen“ ersetzt, das inzwischen vom Deutschen Normenausschuß zurückgezogen wurde.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

### SITZUNGSKALENDER

1. Mai: EV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33  
5. 51, 18.15, Gr. Physiksaal d. TU.: „Zählung und Messung von Elementarteilchen“, Dr. Kübler, Karlsruhe.

<sup>1</sup> Auszug aus dem Energiewirtschaftsgesetz und seiner 2. Durchführungsverordnung, soweit sie die VDE-Bestimmungen betreffen, siehe VDE 1/1.38.

**Hannover:** ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70

15. 5. 51, 18.15, Hörsaal 42 d. TH.: „Kunststoffe in der Elektrotechnik“, Dipl.-Ing. Leilich, Köln.

**München:** ETV München, Blumenstr. 8

8. 5. 51, 17.30, Vortragssaal 2 im Dt. Museum: „Das Winterspeicherwerk Reisch-Kreuzeck in Oberkärnten“, Baudir. W. Steinböck, Kolbnitz, Mölltal-Kärnten.

**Nürnberg:** ETG Nürnberg, Sandartstraße 30

8. 5. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Kabelfehler und ihre Einmessung“, Dr. G. Sturm, Nürnberg.

**Oldenburg:** VDE-Bezirk Oldenburg i. O., Donnerschweer-Str. 23

11. 5. 51, 20.15, Gewerbl. Berufsschule Willerstr. 9: „Die Überwindung der Technik“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Wuppertal.

**Osnabrück:** VDE-Bezirk Westfalen-Ost, Stützpl. Osnabrück, Liebigstr. 22

7. 5. bis 10. 5. 51, tägl. 9.00, Gaststätte Mellerstr. 10: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. P. Schnell, Dipl.-Ing. K. Sauerermann, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

**Wuppertal:** VDE-Bezirk Bergisch Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52

8. 5. 51, 20.00, Stadtbücherei: „Die Blindstromkompensation in industriellen Anlagen“, Dipl.-Ing. Zimmermann.

**Dortmund:** Westfälischer Bezirksverein des VDI, Dortmund

2. 5. 1951, 18.00, Staatl. Ing.-Schule Sonnenstr. 98: „Radartechnik, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und technischen Anwendungen“, Dr.-Ing. habil. W. Peters, Hamburg.

**Nürnberg:** Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern

30. 5. bis 1. 6. 51: Jahreshauptversammlung.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4

21. 5. bis 25. 5. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Innerbetriebliche Fernsprechanlagen“, Dr.-Ing. I. Boyse.

**Würzburg:** Staatliche Bau- und Ingenieurschule Würzburg

20. 7. bis 22. 7. 51: Hundertjähriges Gründungsfest. Alle ehemaligen Absolventen und Freunde werden gebeten, ihre Anschrift dem Sekretariat der Schule, Würzburg, Sanderring 8, mitzuteilen.

## PERSÖNLICHES

**A. Gehrts †.** — Am 28. Nov. 1950 verstarb Prof. Dr. A. Gehrts nach längerer schwerer Erkrankung. Der Verstorbene ist den älteren Physikern und Hochfrequenztechnikern eine bekannte Persönlichkeit gewesen, hat er doch die Entwicklung der Röhren der Rundfunktechnik und der praktisch eingesetzten Gleichrichter mit Gasentladungen in der Entwicklungszeit des Rundfunks sehr gefördert und durch grundlegende Untersuchungen gesichert. Der Verstorbene war am 6. 6. 1887 in Bodenwerder in der Provinz Hannover geboren, wandte sich nach seinem Abiturium im Jahre 1905 dem Studium an der Universität Berlin zu, wo er sich mit Physik, Chemie und Mathematik beschäftigte. Nach der Promotion im Jahre 1910 hat er verschiedene Assistentenposten bekleidet. In den Jahren 1912 bis 1915 arbeitete Gehrts als Laboratoriumsleiter bei der Akkumulatoren-Fabrik Berlin-Hagen und zwar in der Physikalischen Versuchsabteilung. Nach dem ersten Weltkrieg trat er zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter und später als Laboratoriumsleiter in das Wernerwerk der Siemens & Halske A.-G. ein. Dort hat er die gasgefüllten Gleichrichter mit thorierten Molybdänkathode entwickelt und die Serienfertigung dieser Apparate eingerichtet. Das Studium der thorierten Kathoden und der Arbeitsweise der Gleichrichter waren für die einsetzende Fertigung grundlegend. In den Jahren 1931 bis 1932 erschienenen Arbeiten von Gehrts sind diese wichtigen Untersuchungen niedergelegt. Auch auf dem Gebiet der Herstellung der Rundfunkröhren hat der Verstorbene mehrere wichtige Arbeiten veröffentlicht, von denen eine die Statistik der Glühelktronenemissionen kennzeichnete.



Am 1. 1. 1933 trat Gehrts zum Reichspostzentramt über, in welchem er als Postrat gearbeitet hat. Er wurde



im Jahre 1936 in die Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost übernommen und hat in dieser Stellung vielfach bei dem damals aufkommenden Fernsehen mitgewirkt.

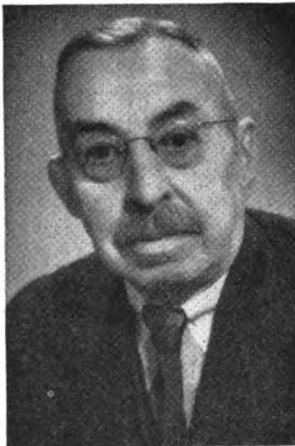
Es muß aber des Verstorbenen noch besonders gedacht werden hinsichtlich der von ihm durchgeführten Lehrtätigkeit. Gehrts habilitierte sich im Juli 1920 an der Technischen Hochschule Berlin und las zunächst über Atomdynamik. Später übernahm er das Gebiet der Elektronen- und Ionenlehre in Vorlesungen. Seine Ernennung zum nicht beamteten Professor erfolgte am 5. 1. 1927 und wurde 1939 in eine außerplanmäßige Professur umgewandelt.

Gehrts wird den Deutschen Physikern und Hochfrequenztechnikern durch seine wissenschaftlichen Leistungen und als Hochschullehrer stets in guter Erinnerung bleiben. Als Kollege und Kamerad war er stets gern gesehen und durch sein zuvorkommendes Wesen besonders beliebt. Auch die ETZ verliert in ihm einen eifrigen und zuverlässigen Mitarbeiter. Sein Andenken wird in Fachkreisen stets wach bleiben.

G. Leithäuser

**H. Potthoff †.** — Am 19. März 1951 verstarb nach kurzer Krankheit im 78. Lebensjahr der o. Professor em. Hermann Potthoff, Professor für Eisenbahnmotoren und Kraftfahrwesen an der Technischen Hochschule Hannover. Seit 1928 gehörte er dem Lehrkörper der T. H. Hannover an.

**W. Schulz.** — Am 1. April 1901 trat Willy Schulz als Ingenieur in die Prometheus GmbH in Frankfurt a. M. ein, nachdem er deren Bügeleisen, Kochtöpfe und Raumheizöfen bei den Konsumenten des Elektrizitätswerkes Bockenheim in praktischer Werbung eingeführt hatte. Die Elektrowärmetechnik war kaum erstanden und Schulz fand darin sein Lebenswerk. Er hat sie mitentwickelt und frühzeitig ihre Bedeutung für die industrielle Fertigung erkannt. In seinem Aufsatz „Elektrische Heizung im Maschinenbau“ wies er den Maschinen- und Apparatebau auf die Ergänzung der Brennstoffheizung durch Elektrowärme und die Betriebsleitungen auf die Möglichkeiten zur wirtschaftlichen und qualitativen Verbesserung der Erzeugnisse durch Elektrowärme hin. Seine Erfahrungen gab er dem Fachnachwuchs in seinen Fachbüchern „Elektrische Raumheizung“ und „Elektrische Heizeinrichtungen für Industrie und Gewerbe“ bekannt. Schulz errichtete 1913 die erste elektrische Großküche für 500 Personen im Verwaltungsgebäude des Norddeutschen Lloyd in Bremen<sup>2</sup>. Durch Prometheus lieferte er die elektrischen Koch- und Heizgeräte für U-Boote. Er war Mitglied der 1911 errichteten VDE-Kommission für Koch- und Heizapparate und gehörte dem VDE seit 1899 an. Schulz war es vergönnt, die gewaltige Entwicklung der Elektrowärmetechnik in einem halben Jahrhundert mit zu erleben und auch jetzt noch als 75jähriger in geistiger und körperlicher Frische daran mitzuwirken.



**Hochschulnachrichten.** Geheimrat Professor Dr. rer. nat. Dr.-Ing. e. h. Jonathan Zenneck an der Technischen Hochschule München wurde in Anerkennung seiner Verdienste um die drahtlose Telegraphie und die Erforschung der Ionosphäre sowie in Würdigung seiner Leistungen beim Aufbau des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik zum Ehrenbürger der Technischen Hochschule Stuttgart ernannt.

Die venia legendi wurde von der Fakultät für allgemeine Ingenieurwissenschaften der TU. Berlin an Dr. phil. Otto Emersleben, Patentanwalt, erteilt (liest über Theoretische Physik).

Die gleiche Fakultät erteilte Prof. Dr. med. Helmut Ruska, Leiter des Instituts für Mikromorphologie am Kaiser-Wilhelm-Institut, Gast-Abteilung für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, einen Lehrauftrag über Mikrobiologie.

<sup>1</sup> Z. VDI 55 (1913) S. 1092  
<sup>2</sup> ETZ 34 (1913) S. 821.

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Entwicklungsberichte der Siemens & Halske AG.** 14. Jg., 1. Febr. Januar 1951. Mit 94 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Hrsg. Siemens & Halske AG., Berlin, München 1951.

[Die „Entwicklungsberichte“ wollen die Tradition der vor dem Krieg erschienenen Zeitschriften „Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik“ und „Veröffentlichungen auf dem Gebiete der Meßtechnik“ fortsetzen. Die neue Zeitschrift wird neben Originalarbeiten Arbeiten aus dem Hause S & H bringen, die in anderen wissenschaftlichen und technischen Zeitschriften veröffentlicht werden.]

**Siemens-Zeitschrift.** 25. Jahrg. 1951, Heft 1. Mit 56 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Hrsg. Siemens-Schuckert-Werke AG, Erlangen. Erscheint vierteljährlich, Preis je Heft 3,— DM.

[Nach siebenjähriger Unterbrechung liegt wieder ein Heft der Siemenszeitschrift vor. Sie soll wie früher der technischen Unternehmung der Freunde der SSW und S & H AG. dienen. Das erste Heft enthält kleinere Mitteilungen folgende Aufsätze: K. Schröder: Die Weiterentwicklung des Dampfkraftwerkes; L. Merz u. F. Weingärtner: Entwicklungsrichtungen im Bau elektrischer Meßgeräte; K. Reike: Die Gestaltung neuzeitlicher Schaltwarten; H.-J. Zetzmann: Mehrkanal-Richtfunkverbindungen; F. Butzke u. E. Lölkes: Die neue Fernschreiber 68; S. John: Fortschritt auf dem Gebiet der Fernmeßtechnik.]

**Aménagement de la Vallée de L'Our.** Hrsg. Ministerium für Vertehrung und Elektrizitätswesen von Luxemburg. Mit 16 S., zahlr. B., Taf., Format 21X27 cm, auf Kunstdruckpapier. Le Moil et Pascal, Paris 1951.

[Die hübsche Schrift gibt Aufschluß über den heutigen Stand am Ourtalprojektes, das vom RWE nach dem ersten Weltkrieg geplant und jetzt von der Luxemburger Regierung wieder aufgenommen wurde.]

**Schweißtechnische Erzeugnisse.** Bezugsquellenverzeichnis. Hrsg. Wirtschaftsvereinigung der schweißtechnischen Industrie. Mit 70 S., Format DIN A 5. Verlag Hoppenstedt & Co., Heppenheim a. d. B. Preis kart. 2,45 DM.

[Dies Bezugsquellenverzeichnis gliedert sich in ein Sachverzeichnis mit Hinweis auf die fachlich geordnete Firmenzusammenstellung und ein alphabetisches Firmenregister. Daneben findet man noch eine Liste der Warennamen, so daß ein Interessent sehr rasch die in Frage kommende Firma auffinden kann.]

**Elektrotechnik für die Praxis.** Von O. Leunig. Bd. 1: Grundlehren und Grundgesetze (I. d. Rh. Westermanns Fachbücher zur Berufsausbildung). Mit 242 S., 285 B., Format 17X23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis Hlw. 9,80 DM.

**Hydraulische Pressanlagen für die Kunstharzverarbeitung.** Von H. Lindner. (Werkstattbücher, H. 82). 2., verb. Aufl. Mit 60 S., Format 15,5X23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis kart. 3,60 DM.

**Brennschneiden (autogenes und elektrisches Schneiden).** Von H. Horn. Mit 161 S., 174 B., Format 15,5X23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 12,60 DM.

**Rundfunkröhren. Eigenschaften und Anwendung der neuen UKW-Röhren.** Von L. Rathgeber. Mit 128 S., 237 B., Format 17,5X24,5 cm. Reclam Verlag, Berlin 1951. Preis Glw. 16,— DM.

**Ansprachen anlässlich der Internationalen Frankfurter Messe.** 11. März 1951. Mit 48 S., Format DIN A 5.

**Kohle und Graphit.** Aus dem Prüffeld der Ringsdorf-Werke. Von J. Neukirchen. Mit 23 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Hrsg. Ringsdorf-Werke GmbH., Mehlem Rh. 1951.

**Schleifen.** AWF-Betriebsblatt 76. Richtlinien für Schleifscheibenwahl und Beseitigung der häufigsten Schleiffehler. Hrsg. Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung. Mit 12 S., 10 Taf., Format DIN A 5. 2. Aufl. Berlin 1950. Preis geh. 1,— DM.

**Schleifen von Hartmetall.** AWF-Betriebsblatt 77. Hrs. Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung. Mit 12 S., 6 Taf., 13 B., Format DIN A 5. Berlin 1950. Preis geh. 1,— DM.

**Einführung in die Lehre von den komplexen Zahlen.** Von Dr. Wald. Dauidt. Mit 186 S., 137 B., Format 15X22 cm. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1951. Preis kart. 12,— DM.

**Phillips-Taschenbuch für Elektroakustik und Tonfilmtchnik.** Hrsg. Philips Valvo Werke GmbH., Hamburg. Mit 231 S., zahlr. B., Format DIN A 6. Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik, Berlin 1951. Preis kart. 3,— DM.

**27. Annual Report of the Electricity Supply Commission.** Hrsg. Electricity Supply Commission, Südafrika. Mit 100 S., zahlr. B., Taf., Format 18X24 cm, kartoniert. Radfort, Adlington, Ltd., Johannesburg 1951.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

H. Capitain, Rosenthal-Isolatoren GmbH, Selb (Oberfr.)  
Dr.-Ing. F. Früngel, Hamburg-Rissen, Süldorfer Landstr. 400  
Obering. H. Hohm, Voigt & Haefner AG, Frankfurt/M.  
Ing. A. König, Wuppertal-Barmen, Am Brögel 6  
Obering. E. Maas, Voigt & Haefner AG, Frankfurt/M.  
H. Marsiske, Otterndorf-Niederelbe, Herzog-Erich-Str. 7  
Dr.-Ing. habil. C. Moerder, Karlsruhe, Hauptstr. 140  
G. H. Nestmann, Berlin-Wilmersdorf, Hohenzollerndamm 194  
Prof. Dr.-Ing. H. Rother, Tuttingen, In Göhen 55  
H. Rückert, Rosenthal-Isolatoren GmbH, Selb (Oberfr.)  
H. W. Schaeppers, Concordia-Elektrizitäts-AG, Dortmund, Weststr. 231  
H. Wechsung, Hartmann & Braun AG, Frankfurt/M.-West. Faßstr.

### Abschluß des Heftes: 11. April 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an die Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brillier Str. 99, Postfach 667, Fernruf 377. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 107, Postfach 667, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 12.80 halbj. einschl. Zustellgebühren, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühren). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. Mai 1951

Heft 10

## Der Entwicklungsstand der Leistungsstromrichter

Von Ludwig Lebrecht, Darmstadt

DK 621.314.6

**Übersicht.** Der Aufsatz gibt einen Überblick über die Technik der Stromrichter<sup>1</sup> im In- und Auslande, und zwar der Quecksilberdampf- und der Kontaktstromrichter. Die verschiedenen Bauarten und der Kontaktstromrichter. Die technischen Anwendungen, zumal in der chemischen Industrie und im Ahntrieb werden dargestellt, auch die Höchstspannungs-Gleichstromübertragung wird gestreift.

Fast ein Jahrzehnt ist seit Erstattung des letzten Berichtes über Leistungsstromrichter vergangen. Es ist daher ohnend, Umschau zu halten, was auf diesem Gebiet geschah und geschieht.

Der Glasgleichrichter wurde früher in Einheiten von 10 ... 500 A gebaut. Sein Anwendungsgebiet nimmt ab. Auf der einen Seite ist der Trockengleichrichter im Vorkommen, der nicht nur in Hochstromanlagen sehr kleiner Spannung und in Hochspannungsanlagen sehr kleiner Stromstärke, sondern auch in Anlagen von 100 ... 200 A bis 250 V wachsend angewandt wird. Auf der anderen Seite sind die

etwa 12jähriger Betriebspraxis mit mehranodigen Einheiten bis 1200 A gut bewährt und ist im Begriff, mit Einheiten für 1500 A bei 800 V (Bild 1) eine mehrjährige Bewährungsprobe durchzumachen. Zwei dieser Gleichrichter mit gemeinsamem Umspanner bilden die pumpenlose, luftgekühlte Gruppe 3000 A, 500 ... 800 V. Einige Firmen bauen einen luftgekühlten Gleichrichter mit Pumpe neben dem pumpenlosen (Bild 2).

Der Gedanke, die Gleichrichter nicht pumpenlos, aber ohne Vorpumpe zu bauen, und zwar so, daß die normale Betriebsüberwachung mit der Vakuumerhaltung nichts zu tun hat, liegt dem Erzeugnis einer schwedischen Firma zugrunde (Bild 3). Die Anoden dieses Gleichrichters sind wie für pumpenlosen Betrieb fest im Boden des Gefäßes eingeschmolzen. Als Abschluß der Fertigung wird eine als Kondensationsraum dienende Haube über den Gefäßboden gestülpt und mit einer lösbaren Dichtung, der einzigen dieses Gleichrichters, abgedichtet. Zum Gefäß gehört eine Hochvakuumpumpe, die bei 220 W Heizleistung gegen 15 ... 20 Torr eines Vorvakuumbehälters arbeiten kann und selbstkühlend, luftgekühlt, wirkt. Eine rotierende Vorpumpe ist kein Bestandteil des Gleichrichters, muß aber für den Betrieb vieler Einheiten einmal vorhanden sein, damit der Vorvakuumbehälter abgepumpt werden kann. Das ist in Abständen von einigen Jahren notwendig und dauert Minuten. Dem Gleichrichter werden die Vorteile des pumpenlosen Gefäßes zugesprochen. Er kann aber zum Unterschied von diesem am Aufstellungsort geöffnet und entgast werden. Eine Edelgasfüllung, die man pumpenlosen Gleichrichtern im Interesse der Belastbarkeit bei Kälte gibt, kann diesem gepumpten Gleichrichter nicht gegeben werden.

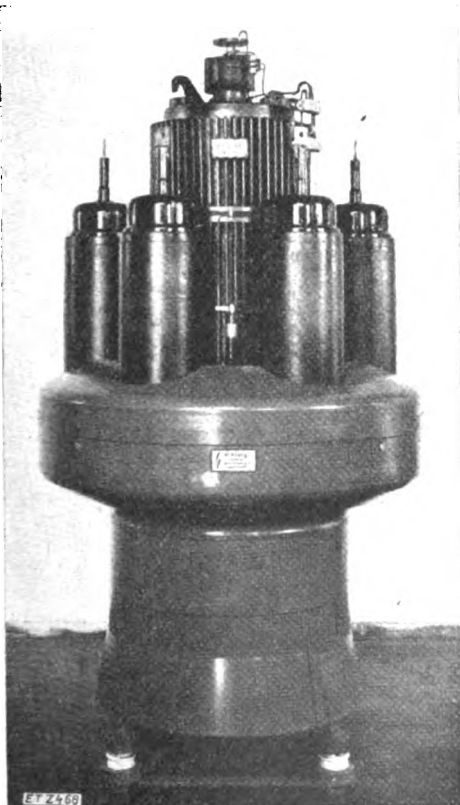


Bild 1. Pumpenloser, luftgekühlter Eisengleichrichter, 1500 A, 800 V, der AEG.

größeren Einheiten der Glasgleichrichter abgelöst worden durch den pumpenlosen, luftgekühlten Eisengleichrichter, der sich etwa bis 100 ... 350 A abwärts wirtschaftlich bauen läßt. Dieser Gleichrichter hat sich in

<sup>1</sup> In der ETZ 71 (1950) S. 424 brachten wir von A. Günther-Schulze eine Übersicht über den Stand der Sperrschicht-Gleichrichter. Die Glühkathoden-Stromrichter werden demnächst vom gleichen Verfasser behandelt werden, so daß dann ein nahezu vollständiger Überblick über das Gebiet der Stromrichter gegeben ist. — Die Schriftleitung.

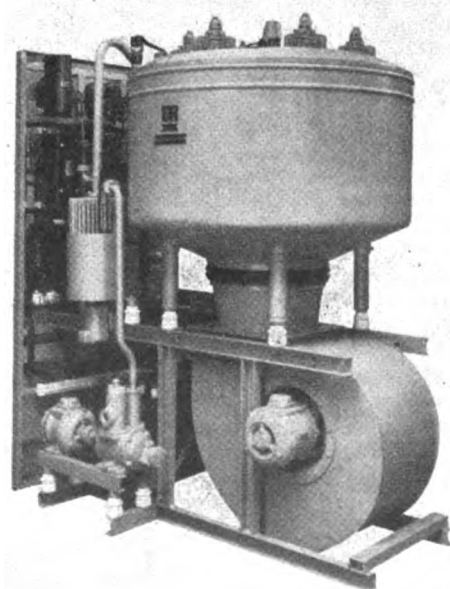


Bild 2. Luftgekühlter Eisengleichrichter der BBC, 1000 A, 600 V, mit Vakuumpumpen.

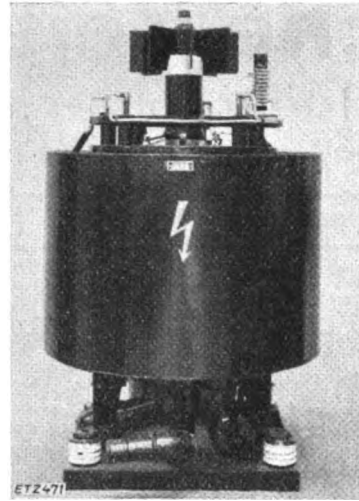
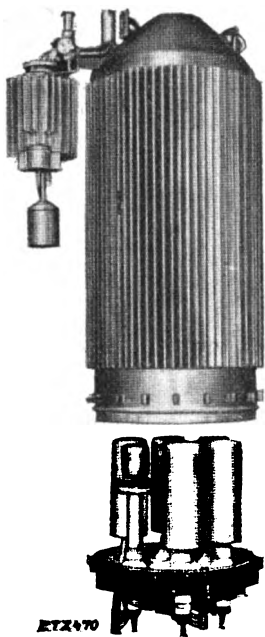


Bild 4. Einanodengleichrichter der SSW mit Wasserkühlung; 6 Gefäße bilden zusammen eine Einheit für 3000 A, 800 V.

Bild 3 (links). Luftgekühlter Eisengleichrichter der ASEA mit Hochvakuumpumpe, ohne Vorvakuumpumpe.

Auf dem Gebiete der Großanlagen, insbesondere für die chemische Industrie, sind in der Vergangenheit wassergekühlte Gefäße mit Pumpen angewandt worden. Sie leisteten 4000, 6000, 8000 A bei 500 ... 800 V mit 12, 18, 24 Anoden. Der 18anodige Typ wurde in der chemischen Industrie am meisten benutzt. Seit etwa 10 Jahren vollzieht sich eine Rückentwicklung zur kleineren Einheit. Da das Wachstumsgesetz der Gleichrichter dem Betrieb mit größten Gefäßen größere Risiken bei kleineren Wirkungsgraden bringt, die den Interessen, insbesondere der hochbeanspruchten Elektrolysegleichrichter, beide zuwider laufen, sind zwei Wege beschrritten worden, um den günstigeren Gefäßwirkungsgrad der kleineren Einheit auch der Großanlage zugänglich zu machen.

Der Bau einanodiger Gefäße (Bild 4) — dies ist der eine Weg — ist die extreme Verwirklichung des Gedankens, durch kurze Lichtbogenwege zu kleinsten Bogenabfällen zu kommen und zugleich der Massenfertigung durch Typenbeschränkung und große Stückzahlen gute Voraussetzungen zu bieten. Aus Reservehaltung, Gebäudekosten und Transportmöglichkeiten lassen sich weitere Vorteile der unterteilten Anlage herleiten. Eine Gruppe von 6 wassergekühlten Einanodengefäßen leistet 3000 A, 4 solcher Gruppen, d. h. 24 Einanodengefäße demnach 10 ... 12 000 A bei 800 V. Die Verwendung einer keine Wasserstoffionen enthaltenden Kühlflüssigkeit oder zum Zwecke der Verhinderung der Wasserstoffionendiffusion die Wahl nicht rostenden Eisens oder auch die Verwendung eines Schutzanstrichs für das Vakuumgefäß ermöglichen den Verzicht auf Vakuumpumpen auch beim flüssigkeitsgekühlten Gefäß. Es sind Bogenabfälle von 20 ... 22 V bei 400 ... 500 A mittleren Kathodenstromes erreicht worden. Der Unterschied des Bogenabfalls gegenüber den größten mehranodigen Einheiten dürfte somit 7 ... 10 V betragen.

Ein weiterer Vorteil der Einanodengefäße liegt darin, daß sie in der Graetzschaltung verwendet und dort, wo der doppelte Bogenabfall nicht stört, zur leichteren Beherrschung großer Sperrspannungen herangezogen werden können. Darüber wird später in anderem Zusammenhang zu sprechen sein.

Ein zweiter Weg (Bild 5) faßt je 6 Anoden in einem kleinen wassergekühlten Gefäß zusammen. Mehrere Gefäße werden an eine gemeinsame Vakuumhaltung angeschlossen. Pumpenloser Betrieb ist unter denselben Voraussetzungen möglich, die beim Einanodengleichrichter genannt sind.

Sechs solcher Gefäße bilden eine Gruppe 10 ... 12 000 A bei 800 V, wie sie sich für den Bau von Großelektrolysen als praktisch herausgebildet hat. Drei derartige Gefäße haben zusammen nur rd. 40% des Gewichts eines achtzehnanodigen Gleichrichters 5 ... 6000 A. Auch aus einer mit diesem Gefäß möglichen Aufgliederung großer Anlagen lassen sich also Vorteile für Reservehaltung, Transport und Gebäudekosten zusätzlich herleiten.

Der Weg zum Einanodengleichrichter, in Deutschland bisher nur in Sonderfällen und mit einigen Versuchsausführungen beschrritten, ist seit 1938 in Nordamerika sehr erschlossen eingeschlagen worden. Es gibt dort zwei Ausführungsformen.

Das Ignitron, in Deutschland Zündstiftgefäß genannt, leitet den Brennfleck für jede Brennperiode mit Hilfe eines bleistiftartigen, in das Quecksilber der Kathode eintauchenden Zündstiftes aus Borkarbid neu ein. In der Sperrzeit ist der Lichtbogen erloschen. Das Gefäß benötigt keinen Kathodenisolator, da infolge der begrenzten Geschwindigkeit des bewegten Brennflecks diesem in der kurzen Brennzeit nicht die Möglichkeit bleibt, auf die Gefäßwand überzugehen. Das Einsparen des Kathodenisolators und der Dauererregung vereinfacht den Aufbau und verbilligt den Preis. Außerdem sucht das Ignitron für die Rückzündungssicherheit der Gefäße daraus Vorteile abzuleiten, daß die Sperrspannung, abgesehen von den Ladungsrückständen am Ende der Brennzeit, keinen ionisierten Dampf findet, mit dessen Ionen der Anode in der Sperrzeit Energie zugeführt werden könnte. Die Wahl des Zeitpunktes der Zündung bietet dem Zündstiftgefäß die Möglichkeit der Spannungsregelung, wie sie von der Gittersteuerung her bekannt ist, doch ist die Präzision der Zündung nicht so groß wie bei dieser. Zu den Schwächen dieser Neuerung gehört die begrenzte Lebensdauer des Zündstiftes. Aus diesem Grund ist in Deutschland m. W. das Zündstiftgefäß wegen der geringeren Beaufschlagung des Zündstiftes bisher nur als Wechselstrom-Schalterichtung z. B. für die Steuerung von Schweißmaschinen verwendet worden. In Nordamerika dagegen ist es auch zum Betrieb von Sammelschienen-Gleichrichtern verbreitet. Die Gefäße haben dann eine Pumpeinrichtung und erhalten eingebaute Reservezündstifte.

Eine zweite in Nordamerika verbreitete Ausführung



Bild 5. Gleichrichtergruppe 6000 A, 800 V der AEG, bestehend aus 3 sechsanodigen Einheiten 2000 A mit gemeinsamer Vakuumhaltung.

form des einanodigen Gleichrichters führt dort den Namen Excitron. Sein wesentliches Unterscheidungsmerkmal gegenüber dem Zündstiftgefäß ist die im Betrieb immer durch den Erregerbogen emissionsbereite Kathode. Die Konstrukteure dieses Gefäßes gehen davon aus, daß ein merklicher Einfluß der geringen Mengen ionisierten Dampfes im Erregerlichtbogen auf das Rückzündungsverhalten der Ge

faße nicht besteht, und daß es daher nicht lohnt, die betrieblichen Behinderungen des Zündstiftes in Kauf zu nehmen. Auch das Excitron wird in den USA ohne Kathodenisolator gebaut. Der Übergang des Kathodenflecks auf die Gefäßwand wird durch einen isolierten Schirm verhindert, der zwischen Kathode und Gefäßwand liegt. Er wird praktisch als Kühlschlange ausgeführt, deren Windungen so dicht aufeinander folgen, daß zwar Dampf bis zur Gefäßwand gelangen und auf ihr niedergeschlagen werden, nicht aber der Brennfleck die Kühlschlange passieren kann. Interessant ist auch die Mitteilung, daß die Entwicklung in den USA um 1938 erst zum Ignitron, dann zum Excitron geführt hat.

In Nordamerika sind einanodige Gefäße bis 400 A mittl. Kathodenstroms bei 250 V ohne Pumpen 1000 A mittl. Kathodenstroms bei 250 V mit Pumpen gebaut worden. Dieselben Gefäße werden mit vermindertem Strom, aber größerer Leistung bis 900 V verwendet.

Über die Verbreitung, die der Gleichrichter in Europa gefunden hat und über die Aufgaben, denen er hier dient, sind zusammenfassende Zahlen nicht veröffentlicht worden. Für Nordamerika kann man sie dagegen dem umfassenden Bericht [1] einer von der AIEE berufenen Kommission entnehmen:

Am 1. 1. 48 waren folgende Gleichrichterleistungen installiert oder in Auftrag

	in USA MW	in Canada MW
<b>für chemische Betriebe</b>		
Aluminium	1743	1201
Chlor	680	11
Magnesium	122	
Zink	29	29
Wasserstoff		61
andere	98	
	2672	1302
<b>für elektrische Bahnen</b>		
600 V	714	57,5
1500 V	42	3,0
3000 V	46	1,5
	802	62
Industrie	247	11
Minen	149	
Gesamtleistung unterteilt	3870	1375
Zusammen	5245	

618 MW (2/3 für Aluminium-Elektrolyse, 1/4 für Bahnzwecke) von den USA nach Ländern außerhalb von Nordamerika exportierte Gleichrichter sind hinzuzurechnen.

75% der Gesamtleistung sind also von der chemischen Industrie, 56% allein von der Aluminiumindustrie aufgenommen worden. Der ersten Hochstromanlage für die chemische Industrie, die 1929 in Nordamerika mit europäischen Gleichrichtern gebaut wurde, folgten 1938 selbstgebaute Anlagen in solchem Ausmaß, daß sich der Schwerpunkt der Anwendung, wie auch bei uns, völlig von der Zugförderung zur Elektrolyse verschob. Wesentlich verschieden von den europäischen Gepflogenheiten ist jedoch die Bauweise der Anlagen in Nordamerika. Die Gruppe für den Bau von Hochstromanlagen hatte wie in Europa etwa 10 000 A. Sie bestand hier wie drüben aus 2 mehranodigen Einheiten oder 2 Einheiten einanodiger Gleichrichter. Die Einheit letzterer bestand aus 12 auf einer Grundplatte montierten Einanodengefäßen. Die Gruppe 10 000 A hatte einen Umspanner.

Allein die Aluminium Compagny of Canada Ltd., Arvida, betreibt Gleichrichteranlagen von 747 MW auf einem Werkgelände. Davon sind nur 174 MW mit Mehranodengleichrichtern und 573 MW mit Einanodengefäßen ausgeführt. In europäischen Anlagen beherrschte, abgesehen von einem Großversuch, der Mehranodengleichrichter das Feld.

Über den mit Einanodengefäßen erreichten Lichtbogenabfall macht der Ausschußbericht [1] nur die summarische Angabe, daß er je nach Größe und Type 15 ... 25 V beträgt. Dagegen werden folgende Vollast-Wirkungsgrade der Ignitrongruppen einschl. der Umspannerverluste angegeben:

Bei einer Gleichspannung von 250 V, 600 V, 3000 V beträgt der Vollast-Wirkungsgrad 90,5%, 95,2%, 97,5%.

Da nach dem gleichen Bericht 1,5 ... 2,5% der abgegebenen Leistung, schwankend mit Leistung und Gleichspannung, auf den Umspanner entfallen, kann man etwa schätzen, daß die verwandten Einheiten 18 ... 19 V Bogenabfall haben. Das ergibt sich auch aus einem anderen Bericht [2], in dem als Gesamtwirkungsgrad mehranodiger Gruppen 93 ... 93,5%, der Ignitrongruppen 95 ... 95,2% genannt wird. Bezieht man sie auf die in dem Werk meist verwandte, leider nicht genannte Gleichspannung 700 V und rechnet man mit gleichen Umspannverlusten, so kommt man zu einem Unterschied der Bogenabfälle von 12 V, also auch zu etwa 18 V, wenn man für die Mehranodengleichrichter 30 V Abfall annimmt.

Der Bericht unter [2] spricht auch davon, daß die Zahl der Rückzündungen je Einheit und Monat bei den Mehranodengleichrichtern in den USA viel geringer als bei den einanodigen sei. Über den Unterschied der Bogenabfälle zwischen ein- und mehranodigen Gleichrichtern wird man erst sprechen können, wenn man die Bogenabfälle auf der Grundlage gleichen Rückzündungsverhaltens vergleichen kann.

Das Anwendungsgebiet, das nach der Elektrolyse die größte Gesamtleistung aufgenommen hat, ist in Europa und in Nordamerika die elektrische Bahn. Die Entwicklung des Anlagenbaues für Gleichstrombahnen ist durch die Neuerungen in der Gefäßtechnik gekennzeichnet. Einanodengleichrichter mit Nennleistungen von 3000 A, 800 V sind auch in europäischen Bahnbetrieben eingeführt worden.

Die deutsche Stromrichtertechnik hat in den letzten 15 Jahren 2 neue Aufgaben in Angriff genommen, die Stromrichterlokomotive und die Periodenumformung (Umrichtung).

Während für die Zwecke der Straßenbahn und Nahförderung der Gleichstrom unbestritten das beste Versorgungssystem und der Gleichrichter ebenso unbestritten der Umformer mit überragenden technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften ist, ist seit Beginn der Elektrifizierung der Vollbahnen das Übertragungsproblem in verschiedenen Ländern verschieden gelöst worden. Ein Teil der Länder hat Gleichstrom 3000 V, selbst 1500 V eingeführt und speist den Fahrdrabt aus Gleichrichterstationen, die in relativ dichter Folge auf die Strecke verteilt sind. Die erfreuliche Seite dieser Lösung ist die einheitliche Versorgung mit Drehstrom von 50 Hz; die Kehrseite ist die Verteilung der Energie über den Fahrdrabt mit relativ kleiner Spannung und im Zusammenhang damit die Vielzahl von Gleichrichterstationen längs Bahnstrecken mit großer Verkehrsdichte. Andere Länder, darunter Deutschland, Schweiz, Skandinavien, haben Einphasenwechselstrom 16 2/3 Hz eingeführt. Die erfreuliche Seite dieser Lösung ist die erreichte Vollkommenheit der Lokomotiven und die Lösung der Energieübertragung über den Fahrdrabt mit 15 kV Einphasenstrom, die Kehrseite hingegen ist das zweite Versorgungsnetz mit 16 2/3 Hz-Einphasenstrom. Netzkupplungs-Periodenumformer als Maschinen längs der Strecke aufgestellt entsprechen technisch und wirtschaftlich nicht vollkommen. Andererseits lehnt die Bundesbahn die abschnittsweise Versorgung getrennter Streckenabschnitte mit Synchron-Synchron-Umformern aus betrieblichen Gründen ab. Die Stromrichtertechnik hat zwei Wege beschritten, um mit neuen Mitteln ein altes Problem weiterzubringen.

Der Bau von Stromrichterlokomotiven, die Gleichstrommotoren mit Einphasen-Gleichrichterstrom, gewonnen aus 50 Hz-Einphasenstrom, speisen, ist der eine Weg. Für die Höllentalbahn sind seit 1935 u. a. zwei Stromrichterlokomotiven in Betrieb [3]. Die eine löst das Regelproblem mit Gitter- und Stufenregelung, die andere nur mit Stufenregelung auf der Hochspannungsseite. Die Einwände gegen die Erstaufführungen beziehen sich auf Vakuumhaltung, Wasserkühlung, im Zusammenhang damit die Startbereitschaft, auf  $\cos \varphi$ , Empfindlichkeit und andere Fragen. Seit Indienststellung dieser Lokomotiven sind aber die pumpenlosen, luftgekühlten Mehranoden-Stromrichter entwickelt worden

und es ist nicht zweifelhaft, daß die Fortschrittsleistungen der Stromrichtertechnik künftige Lösungen der Stromrichterlokomotiven vorteilhaft beeinflussen werden.

Die Entwicklung von Umrichterstationen, das ist der zweite Weg, geht davon aus, die Fahrdratspannung von 15 ... 20 kV Einphasenstrom mit  $16\frac{2}{3}$  Hz beizubehalten, aber die Transformatorstationen längs der Strecke um die Einrichtungen zur Umrichtung zu ergänzen. Mit ihnen läßt sich das Übertragungsproblem sowohl auf der 50 Hz-Seite als auch auf der Fahrdratseite lösen. Es bleibt jedoch bei asynchronen 50 Hz-Netzen das Problem starrer oder elastischer Netzkupplung bestehen.

In Deutschland sind nach verschiedenen Systemen 3 Umrichterstationen errichtet worden. Sie leisten 1000 kVA [4], 3600 kVA [5] und 4300 kVA [6]. Die zweitgenannte Anlage ist für ein festes Frequenzverhältnis 3:1 gebaut worden und seit 1936 in Betrieb. Die anderen waren auch für gleitende Netzkupplung bestimmt. Für künftige neue Umrichterstationen dürften vorerst nur Anlagen mit festem Frequenzverhältnis in Betracht kommen. Für Neubauten ist der Vorschlag gemacht worden, zur Verminderung des Gesamtaufwandes die Gefäßgruppen der beiden Stromhalbwellen mit Einanodengefäßen in Graetz-Schaltung auszuführen und unmittelbar auf den Fahrdrat arbeiten zu lassen [7]. Es wird an künftigen Entschlüssen der Bundesbahn liegen, ob Gelegenheit zur Fortentwicklung der Lösungen gegeben werden wird.

In den USA ist die Frequenzwandlung über Umrichter bisher nur in Verbindung mit Gleichstrom-Zwischenkreis, also Gleichrichtung von Drehstrom 60 Hz und Wechselrichtung des Gleichstromes in Einphasenstrom 25 Hz oder Drehstrom irgend einer Frequenz in Angriff genommen worden.

Einphasenbahnen 25 Hz beziehen in den USA ihre Energie häufig über Frequenzwandler aus Drehstromnetzen 60 Hz. Nach [1] sind aber die Stationen meist an Stellen aufgebaut, an denen das energieempfangende Wechselstromnetz nicht die für Taktgabe und Blindleistungslieferung erforderlichen Synchronmaschinen zur Verfügung stellen kann. Die Ansicht wird vertreten, daß die Taktgebermaschinen die Umrichtung wahrscheinlich unwirtschaftlich machen würden.

Dagegen sind in den USA Umrichter mit passendem Gleichstromzwischenkreis zur elastischen Kupplung großer Drehstromnetze gebaut worden. Sie haben dort eine gute Presse für Fälle, in denen die zu kuppelnden Netze ein starres Frequenzverhältnis nicht haben und auch nicht erreichen können, in denen das die Leistung empfangende Netz außerdem genügend Kapazität an Blindleistung hat. Für diese leider nicht zahlreichen Fälle werden dem Umrichter hoher Wirkungsgrad, bequeme Leistungsregelung, leichte Schaltbedingungen, Unnötigkeit der Synchronisierung, Freiheit von Kommutatoren und Bürsten, niedrige Anlagekosten und sehr niedrige Instandhaltungskosten nachgerühmt. Seit 1943 sind 2 Periodenumformeranlagen dieses Systems für 20 MW und 6670 kW in Betrieb. Bei ersterer ist 60 Hz-seitig die Generatorleistung größer als 600 MW, 25 Hz-seitig 125 MW. Der Gleichstrom-Zwischenkreis hat eine Gleichspannung von 12,5 kV. Die kleinere Umrichteranlage 6670 kW kuppelt 2 Netze mit 60 und 25 Hz, deren jedes mehr als 200 MW Generatorleistung hat. Die Frequenzänderung ist im 25 Hz-Netz  $\pm 6\%$ , die im 60 Hz-Netz beträgt  $\pm 0,2\%$ . Energieaustausch findet in beiden Richtungen statt.

Diese Frequenzwandler in Nordamerika verwenden einen Gleichstrom-Zwischenkreis nur zum Zwecke elastischer Netzkupplung, nicht der Energieübertragung. Die GE hat 1936 auch einen Versuch gemacht, 5250 kW mit 30 kV Gleichstrom über 27 km zu übertragen. Der Bericht unter [1] stellt die technische Möglichkeit der HGU (Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung) fest mit der Bemerkung, daß noch viel Entwicklungsarbeit zu leisten sei. Die Möglichkeiten hingen jedoch von wirtschaftlichen Faktoren ab, die z. Zt. nicht zu übersehen seien.

Die Schwierigkeit der Entwicklung der HGU ist eine technische und eine wirtschaftliche. Eine wirtschaftliche insofern, als erst das Gebiet der Übertragungsspannungen ab 400 kV aufwärts die HGU anzieht, und daß dieser Spannung nur große Leistungen und Entfernungen über 400 km entsprechen. Die Risiken solcher Erstauführungen sind besonders groß und es bedarf daher sehr großer Entschlüsse.

Die technischen Schwierigkeiten liegen darin, daß die Stromrichtergefäße für die Aufnahme außergewöhnlich hoher Sperrspannungen eingerichtet werden mußten. In der Vergangenheit sind Leistungsstromrichter nur bis etwa 3300 V für die Zwecke der Bahnstromversorgung gebaut worden. Eine Anlage in der chemischen Industrie, die 100 MW für die Speisung von 14 Lichtbogenöfen mit Gleichstrom 1000 A bei 7000 V umformte und dabei ein außergewöhnliches Regel- und Stabilisierungsproblem zu lösen hatte, blieb vereinzelt. Anlagen für die Stromversorgung von Sendern führten zwar zu hohen Gleichspannungen (22 kV), jedoch nur bei vergleichsweise kleiner Leistung.

In Europa wurden nach 1935 mehrere Versuche gemacht Gefäße zu entwickeln, die zur Beherrschung großer Sperrspannungen brauchbar waren. Es kam in der Schweiz 1939 zu einer Übertragung von 500 kW mit 50 kV Gleichspannung über 25 km. Ferner kam es ebenfalls 1939 in Deutschland zu Versuchen mit Einrichtungen für 5000 kW bei 50 kV und 1942 ebenfalls in Deutschland zu Versuchen mit 15000 kW bei 100 kV. Ein energischer Vorstoß in Richtung auf das Ziel wurde 1940 ... 45 durch Errichtung einer Anlage unternommen, die 100 MW mit 440 kV Gleichspannung über 115 km vom Kraftwerk Elbe der Elektrowerke nach Mariendorf bei Berlin zu übertragen bestimmt war [8]. Die beiden Kopfstationen bestanden aus Stromrichteranlagen, von denen die abgebende als Gleichrichteranlage, die empfangende als Wechselrichteranlage gebaut war. 440 kV entstand durch Reihenschaltung von je zwei Gleich- bzw. Wechselrichteranlagen 220 kV, deren Verbindung geerdet war, so daß die beiden Einleiterkabel 150 mm<sup>2</sup> Alu 220 kV gegen Erde führten.

Die AEG als eine der beteiligten Firmen sah für ihre Gleich- und Wechselrichterstation je 18 Einanodengefäße (Bild 6) vor, die in Dreiphasen-Graetzschaltung und zwar so angeordnet waren, daß die Sperrspannung von 3 in Reihengeschalteten Gefäßen aufgenommen werden konnte. Das Wesentliche hierbei war, daß die Festigkeit von 2 Gefäßen ausreichte, die Sperrspannung aufzunehmen, so daß gegenseitliche Rückzündungen eines Gefäßes nicht zum Kurzschluß des Transformators führen konnten.

Die Einrichtung der SSW, der zweiten beteiligten Firma, sah eine Gleichrichterstation in Dreiphasen-Graetzschaltung mit 12 Einanodengefäßen vor, also mit Verteilung der Sperrspannung auf 2 Gefäße. Die Wechselrichterstation wurde von SSW in Doppelgraetzschaltung ausgeführt, die aus 12 Einanodengefäßen, von denen je 6 mit einem Dreiphasen-Teiltransformator 110 kV erzielten, und die in Reihe geschaltet wurden.

Die Anlage wurde 1945 von der östlichen Besatzungsmacht demontiert, nachdem ein Antrag der AEG, wenigstens einen Probetrieb mit ihrem fertigen Teil der Anlage zu erlauben, abgelehnt worden war.

Auf dem Gebiet der Stromversorgung von Industrieanlagen ist der Stromrichter im lebhaften Vordringen. In der Stromversorgung für die chemische Industrie ist der Gleichrichter vor etwa 20 Jahren eingedrungen. Auch die Versorgung von Gleichstrom-Sammelschienen hat den Gleichrichter seit Anbeginn der Stromrichtertechnik angezogen. Die erste Gleichrichteranlage in Europa (vielleicht der Erbauer versorgte ein Fabriknetz mit Gleichstrom.

Die Stromrichtertechnik ist ein interessantes Beispiel für den Impuls, den die Entwicklung der Technik auf die grundlegende Erkenntnis bekommt. Die Gittersteuerung diente zunächst dem Kurzschlußschutz, der einfachen Spannungsregelung und der Umkehr der Umformung im Wechselrichter. Dann aber drang der Stromrichter in die Lösung



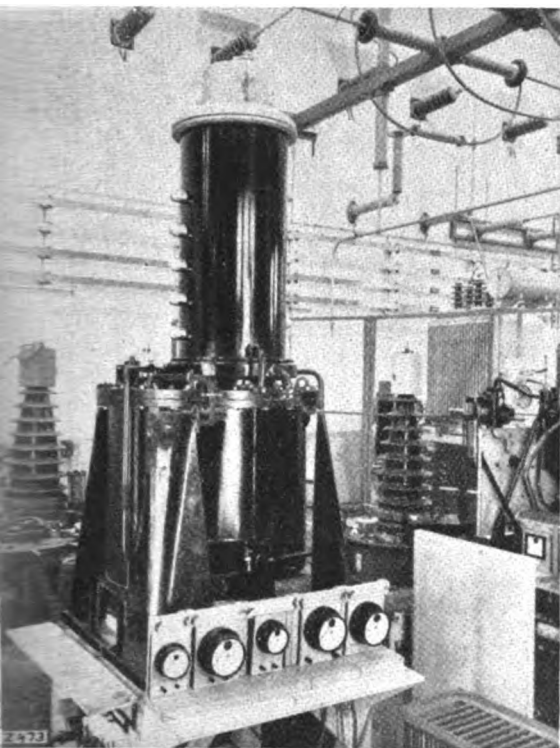


Bild 6. Stromrichtgefäße der AEG u. SSW für Gleichstrom-Hochspannungsübertragung.



sonderer Versorgungsaufgaben ein und hier mußte die industrielle Anlage, entsprechend der Vielgestaltigkeit der Verbrauchertechnik, auch die vielgestaltigste Anwendung

Hier steht die Stromrichtertechnik in ihren Anfängen. Motoren für den Antrieb von Grubenlüftern, deren Drehzahl durch gittergeregelte Gleichspannung geregelt wird, sind in Deutschland schon vor 16 Jahren mit Stromrichtern ausgerüstet worden. Der Walzenstraßenantrieb findet den Gleichrichter seit langem in unregelmäßigen und geregelten durchlaufenden Straßen. Die Wechselrichtereigenschaften werden gelegentlich zum Stillsetzen der Motoren ausgenutzt. Der Einsatz des Stromrichters für die Speisung von Umkehrmaschinen in „Eingefäßschaltung“, also mit Umschaltung des Motor- oder Feldkreises läuft an. Die zu beherrschenden Probleme sind ständiges Anlassen und Stillsetzen der Motoren mit wechselndem Drehsinn bei selbsttätiger Umschaltung. Zu den Problemen dieser Anlagen gehört auch das Auftreten von Blindstromspitzen beim Anstecken. Auch die Fördermaschine mit Umkehrstromrichtern in Zweigelschaltung ist seit Jahren in Betrieb.

Die Gitterregelung erlaubt eine besonders schnelle, da auch genaue Drehzahlregelung. Diese Eigenschaft wurde in Anlagen zum Antrieb von Windkanallüftern angewandt, die mit einer Genauigkeit von 1/100 auf konstante Drehzahl zu regeln waren. Die Möglichkeiten der Drehzahlregelung sind ausnützlich und auch ausgenutzt worden. Die Lösung von Aufgaben des Gleichlaufes. Bild 7 zeigt

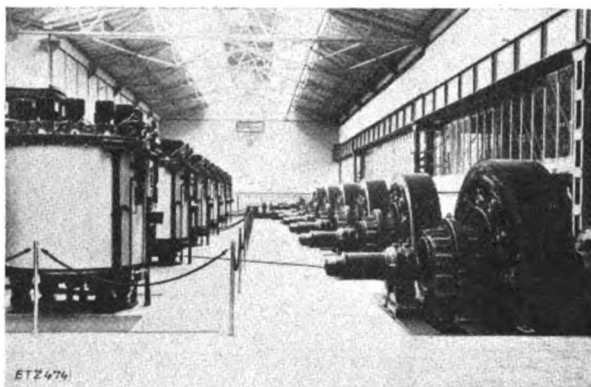


Bild 7. Stromrichteranlage für die Stromversorgung einer kontinuierlichen Breitband-Blechstraße mit 6 Gerüsten, deren Motoren, je 2200 kW, von gittergesteuerten Stromrichtern einzeln gespeist und geregelt werden.

eine kontinuierliche Straße mit 6 Gerüsten, deren Motoren einzeln von Stromrichtergruppen geregelt werden. Der technologische Prozeß verlangt hier die Einhaltung bestimmter Drehzahlverhältnisse benachbarter Gerüste, die durch Regelung der absoluten Drehzahl der Motoren erreicht wird.

Für die Stromversorgung von Sendern ist der Gleichrichter seit langem eingeführt, sei es mit Glühkathodenröhren oder mit mehranodigen Gleichrichtern mit flüssiger Kathode. Die gleiche Technik wird seit einer Reihe von Jahren auch für Hochfrequenzgeneratoren angewandt, wie sie für Oberflächenhärtung, Trocknungsprozesse u. dgl. gebraucht werden.

Periodenumformer für den Betrieb von Induktionsöfen sind in Deutschland und Nordamerika in Angriff genommen worden. Die günstigste Betriebsfrequenz liegt für solche Öfen zwischen mehreren hundert und mehreren tausend Hertz, abhängig von der Größe des Einsatzes. Solche Anlagen benötigen zur Kompensation des großen Blindverbrauchs im Betrieb regelbare Kondensatoranlagen oder regelbare Frequenz. Umrichter für Induktionsofenbetriebe ermöglichen die Leistungsregelung durch Regeln der Spannung und des Blindverbrauchs über die Frequenz besonders billig und handlich [10].

In Nordamerika sind in den letzten 10 Jahren etwa 400 Gleichrichter mit einer Leistung von 150 000 kW zur Stromversorgung unter Tage eingesetzt worden, darunter viele tragbare Einheiten. Die verwendeten Einheiten sind pumpenlos und haben Leistungen von 200 ... 600 kW bei 275 V. In Deutschland und Nordamerika hat die Möglichkeit des Ersatzes von Erregermaschinen schnelllaufender Turbosätze durch Gleichrichter zur Diskussion gestanden. Erstaufführungen sind zustande gekommen. Die Lösung besonderer Regelaufgaben kleiner Motoren 1 ... 10 kW mit Hilfe gesteuerter Röhren ist im Anlaufen.

Der Kontaktgleichrichter [11] ist der jüngste unter den Stromrichtern. Er ersetzt die Schaltfunktion des Quecksilberdampf-Lichtbogens durch einen mechanisch gesteuerten Kontakt. Der Wirkungsgrad des Quecksilberdampf-Stromrichters wird durch seine Abhängigkeit vom Verhältnis des Bogenabfalls zur Gleichspannung mit kleiner werdender Gleichspannung immer ungünstiger. Da beim Kontaktgleichrichter an Stelle der Lichtbogenverluste nur vergleichsweise kleine andere Einzelverluste treten, ist sein Wirkungsgrad auch bei kleinen Gleichspannungen sehr hoch ( $\approx 97\%$ ). Darum zieht der Kontaktgleichrichter besonders manche Zweige der chemischen Industrie an, welche mit niedriger Gleichspannung arbeiten und wegen hoher Benutzungsdauer am guten Wirkungsgrad besonders interessiert sind. Es sind Anlagen gebaut worden, wie sie Bild 8 zeigt. Natürlich besteht auch Interesse, den Kontaktgleichrichter für andere Anwendungsgebiete einzusetzen.

Der Vorgang der Kommutierung beim Übergang des Gleichstromes auf neu zündende Anoden führt über einen vorübergehenden Kurzschluß der ablösenden und zündenden



Bild 8. Kontaktgleichrichteranlage der SSW, 32 000 A, 400 V, für Chlor-Elektrolyse.

den Transformatorphase. Der Kurzschlußstrom macht den Strom der erlöschenden Phase zu Null. Während aber infolge der Ventilwirkung des Quecksilberdampf-Stromrichters mit dem Nullwerden des Stromes der erlöschenden Phase der Kurzschlußstrom ein natürliches Ende findet, muß der Kontaktgleichrichter die fehlende Ventilwirkung durch einen Schaltvorgang ersetzen, der bei 50 Hz und sechsphasigem Betrieb sekundlich 300mal stattfindet. Die Beherrschung dieses Schaltvorgangs mit erträglichem Kontaktverschleiß macht einen gewissen Aufwand an Schaltrosseln und anderen Vorkehrungen notwendig. Die Drosseln bestehen aus magnetischem Werkstoff mit starkem Sättigungsknie, beeinflussen größere Ströme nicht, haben aber bei Durchflutungen unterhalb des Sättigungsknies eine hohe Reaktanz, welche die Zone künstlich verbreitert, innerhalb welcher der Strom nahezu Null ist. Eine größere Schwierigkeit liegt darin, daß der Schalt Augenblick der Kontakte in dieser Zeit liegen muß und dieser Augenblick sich mit der Belastung ändert. Die günstigsten Betriebsbedingungen haben auch aus diesem Grunde Elektrolysen, weil sie meist mit konstantem Strom arbeiten. Schwieriger ist die Aufgabe, bei nicht vorhersehbaren Schwankungen der Last und dadurch bedingten Veränderungen des Stromnulldurchgangs die Schaltzeiten des Kontaktgerätes zeitgerecht zu-

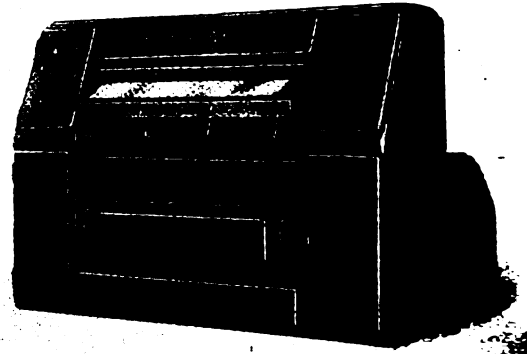


Bild 9. Kontaktgerät der AEG 7000 A, 600 V.

sammenzubringen. Die Entwicklung ist voll im Fluß. Bild zeigt ein Kontaktgerät der AEG für 7000 A 600 V.

#### Zusammenfassung

Der Aufsatz unterrichtet den an einem Überblick über die Entwicklung der Leistungsstromrichter in den letzten 10 Jahren interessierten Leser in großen Zügen über den Weg dieser Technik im In- und Ausland.

#### Schrifttum

- [1] Mercury arc Power converters in North America. Trans. Am. Inst. electr. Engng. II, 67 (1948) S. 1031 ... 1059.
- [2] Large rectifier station practice. Electr. Engng. 66 (1947) S. 957 ...
- [3] Elektr. Bahnen 8 (1937) S. 59 u. 68. ETZ 58 (1937) S. 490.
- [4] Die Steuerumrichter-Versuchsanlage der SSW im Saalach-Kraftwerk. Elektr. Bahnen 6 (1935) H. 9.
- [5] Die Umrichteranlage der AEG in Basel. Elektr. Bahnen 8 (1935) H. 8, H. 9.
- [6] BBC-Umrichteranlage in Pforzheim.
- [7] Umrichter für die Stromversorgung von Fernbahnen. ETZ 69 (1948) S. 379.
- [8] Entstehung der 440 kV-Gleichstrom-Hochspannungsübertragung Elbe-Berlin. ETZ 69 (1948) S. 261 u. 378.
- [9] ETZ 71 (1950) S. 137 u. 228.
- [10] Regelmöglichkeiten des Umrichters für Induktionsofenbetriebe. AM Mitt. (1939) S. 106.
- [11] Der Kontaktumformer. ETZ 62 (1941) S. 3. Die elektrotechnischen Grundlagen des Kontaktumformers. Elektrotechn. u. Masch.-Bau (1941) und 60 (1942).

## Symmetrische Phasenbelastung bei elektrischen Widerstandsschweißmaschinen

Von K. Ruppin, Berlin

DK 621.314.263 : 621.771

Bei modernen elektrischen Widerstands-Punkt-, Naht-, Programm-, Stumpf- und Abschmelzschweißmaschinen spielen Schaltgenauigkeit und Zuverlässigkeit der Zeitsteuer- und Schaltorgane eine ausschlaggebende Rolle, in besonderem Maße für Verbindungen von Leichtmetallen, rostfreien Stählen, sowie verschiedenen anderen Metallen und Legierungen. Meist reicht in solchen Fällen die Genauigkeit der mechanischen Schalt- und Zeitsteuergeräte nicht mehr aus, wogegen völlig trägheitslos gesteuerte Quecksilberdampfröhren sowohl bezüglich Präzision der Schweißzeitbegrenzung als einwandfreier Schaltfunktion selbst für größte Schweißströme allen Ansprüchen genügen.

Widerstandsschweißmaschinen sind im allgemeinen einphasige Stromverbraucher, die in den meisten Fällen an Drehstromnetze angeschlossen werden. Während des Betriebes ergeben sich dadurch unsymmetrische Belastungsverhältnisse. Als Folge davon tritt eine Verzerrung des Spannungsdreieckes ein. Die auftretenden Spannungsabfälle sind abhängig von der Stärke des vorhandenen Netzes (Netzimpedanz), der erforderlichen Leistung und dem Leistungsfaktor des Verbrauchers. Die Niederspannungsnetze geben in den

meisten Fällen noch Energie für Beleuchtungszwecke ab. Durch Anschluß einer Schweißmaschine an ein solches Netz können Lichtintensitätsschwankungen hervorgerufen werden, die das zulässige Maß überschreiten. Aus diesem Grund wird oft ein Anschluß für den Betrieb einer Schweißmaschine nicht bewilligt.

Die bis vor kurzem bekannten Schaltungen sind entweder in ihren Anwendungsmöglichkeiten sehr beschränkt oder ergeben nur in bestimmten Belastungsfällen Symmetrie. Rotierende Phasen-Umformer, die bis heute wohl die beste Lösung<sup>1</sup> hinsichtlich Belastungsausgleich darstellen, kommen für die praktische Anwendung kaum in Betracht, da deren Anschaffungs- und Betriebskosten in keinem Verhältnis zu denjenigen der Schweißmaschine stehen.

Das zum Patent angemeldete „Synotron“-Lastausgleichsgerät, dessen Strom und Spannung Bild 1 kennzeichnet und dessen Schaltung Bild 2 darstellt, löst dieses Problem. Dabei handelt es sich um eine statische Lösung, die den Vorteil des hohen Wirkungsgrades und der geringen Wartung anderer

<sup>1</sup> s. a. W. Krämer: Ein neuer Schweißtransformator mit Frequenzwandlung und symmetrischer Netzbelastung. ETZ 71 (1950) S. 185.

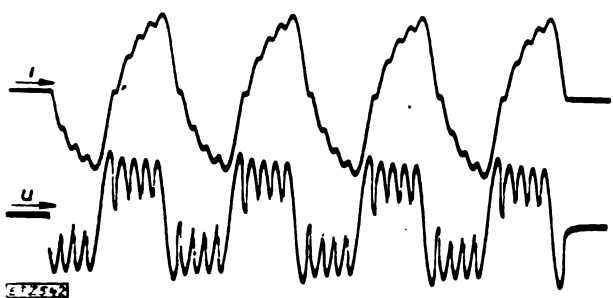


Bild 1. Oszillogramm des einphasigen Schweißstromes reduzierter Frequenz und der Spannung auf der Ausgangsseite des Synotrons.

statischer Schaltungen in vollem Umfange aufweist, ohne jedoch deren Nachteile zu besitzen. Das neue Gerät kann für Punkt-, Naht-, Stumpf- und Abschmelzschweißmaschinen, programmgesteuerte Schweißmaschinen sowie für andere einphasige Stromverbraucher angewendet werden.

Die für den Lastausgleich als Schaltelemente erforderlichen Ignitrons übernehmen im Falle von Naht- oder Punkt-schweißung gleichzeitig noch die Schaltung des Schweißstromes, so daß hierfür keine besonderen Geräte wie Schützen u. dgl. erforderlich sind. Die Frequenz des erzeugten einphasigen Wechselstromes wird um ein Vielfaches kleiner gewählt als die Netzfrequenz. Dadurch wird die Reaktanz der Schweißmaschine verkleinert, woraus einerseits ein besserer Leistungsfaktor resultiert und andererseits die Beeinflussung des Schweißstromes durch magnetische Arbeitsstücke vermieden wird, was insbesondere bei großen Eisenteilen ins Gewicht fällt, welche in die sekundäre Rachenöffnung der Maschine eintauchen, so daß auch in solchen Fällen einwandfreie Schweißungen erzielt werden.

Das Gerät ermöglicht ferner die stufenlose Regelung des Schweißstromes in einem Bereich von 100 ... 50% so daß sich für den Fall, in dem dieser Bereich genügt, Anzapfungen in der Primärwicklung des Schweißstromtransformators erübrigen.

Der große Vorteil des „Synotron“-Lastausgleichgerätes wird besonders augenfällig durch einen Vergleich zwischen zwei Schweißmaschinen gleicher Leistung, von denen die eine mit und die andere ohne Lastausgleichgerät an ein Drehstromnetz von 380 V angeschlossen ist.

a) ohne Lastausgleichgerät:		b) mit Lastausgleichgerät:	
50	Hz	13,6	Hz
246	kW	246	kW
630	kVA	300	kVA
1260	A	347	A
0,52	$\cos \varphi$	0,91	

Die Lastausgleichgeräte sind vorläufig für Leistungen bis rd. 700 kVA gebaut, wobei unter Berücksichtigung des guten Leistungsfaktors Schweißleistungen erzielt werden, die auch für größte Maschinen genügen dürften.

Zusammenfassend ergibt ein dreiphasiger Anschluß mit dem Lastausgleichgerät die folgenden wirtschaftlichen und technischen Vorteile:

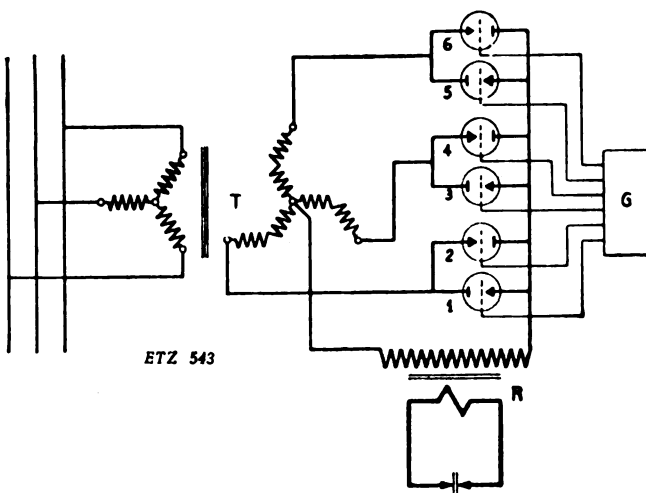


Bild 2. Schaltung des Lastausgleichgerätes.

1. Absolute dreiphasige Lastsymmetrie, unabhängig von Belastung und Leistungsfaktor des einphasigen Stromverbrauchers.
2. Bedeutende Verbesserung des Leistungsfaktors dank der reduzierten Einphasenfrequenz und daher kleinere Netzbelastung.
3. Möglichkeit der stufenlosen Stromregelung des Laststromes.
4. Synchrone und daher stromstoßlose Schaltung des Laststromes ohne mechanische Kontakte.
5. Die nachteilige Beeinflussung des Schweißstromes bei Punkt- und Nahtschweißmaschinen durch Magnetisierung der in die Rachenöffnung hineinragenden Werkstücke wird weitgehend unterdrückt.
6. Das Lastausgleichgerät kann, wenn es mit den entsprechenden Steuerorganen ausgerüstet ist, zugleich die Funktion eines Synchronsteuergerätes von Punkt- und Nahtschweißmaschinen übernehmen. In diesem Falle erübrigen sich weitere Steuergeräte.
7. Die „Synotron“-Lastausgleichgeräte sind sowohl für Niederspannung als auch Hochspannung konstruiert.

Nach gründlichem Studium und unter Berücksichtigung aller in der Widerstandsschweißtechnik vorkommenden Schalt- und Steuerprobleme, wie sie im schweizerischen Waggonbau u. a. für Leichtmetallbau seit Jahren erprobt und bewährt sind, ist das beschriebene statische, zum Patent angemeldete Lastausgleichgerät imstande, den einwandfreien, von Elektrizitätszentralen meist geforderten dreiphasigen Lastausgleich von einphasigen Anschlüssen zu verwirklichen.

<sup>1</sup> Hersteller: H. A. Schlatter AG. Elektrische Schweißmaschinen. Zollikon-Zürich (Schweiz).

## Torfkraftwerke in Irland

DK 621.311.22 : 662.641 (415)

Irland ist bestrebt, seine reichen Torfvorkommen auch für die Elektrizitätsversorgung nutzbar zu machen. In Portarlinton wurde bereits ein neues Werk mit 31 MW in Betrieb genommen<sup>1</sup>. Es enthält 2 Ljungström-Turbosätze mit je 15,6 MW und dreistufiger Anzapfung für Speisewasservorwärmung sowie 3 Kessel von je 68 t/h bei 30 atü und 440 °C. Zwei weitere Werke mit je 40 MW bei Allenwood und Ferbane sind im Bau. Die spezifischen Kosten für Portarlinton betragen 500.— DM/kW. Der Brennstoffverbrauch beträgt 1,18 kg Torf/kWh bei einem Preis frei Kraftwerk von 39,5 sh/t. Der Torf wird mit einer elektrisch angetriebenen

Spezialmaschine ausgehoben, mit welcher während eines Sommers in dreischichtigem Betrieb mit insgesamt 6 Mann Bedienung 20 000 t Torf gewonnen werden können. Der Torf wird zunächst bis auf 30% Feuchtigkeit luftgetrocknet, wobei er einen Heizwert von 3300 kcal/kg erreicht. Durch Zugabe von Heißluft folgt eine Vortrocknung auf 15%, bevor der Torf in die eigentliche Brennkammer eintritt, die wegen des niedrigen Ascheschmelzpunktes von etwa 1150° sehr reichlich ist. Der Torf wird auf einem Wanderrost mit einer Schichthöhe zwischen 38 und 76 cm verbrannt.

Versuche, den Torf zu vergasen und damit Gasturbinen zu betreiben, sind im Gange.

Gr

<sup>1</sup> Nach W. Cronin: Combustion 22 (1950) Nr. 2, S. 33; 10 S., 8 B.

## Parallelbetrieb komponentierter Drehstrom-Generatoren

Von Heinrich Ott, Karlsruhe

DK 621.313.322.014.31

**Übersicht.** Der Aufsatz beschreibt, wie die Frage des Parallelbetriebes selbstregelnder komponentierter Drehstrom-Generatoren bis zu Leistungen von einigen hundert kVA mit Hilfe neuer Blindlasteinsteller gelöst worden ist.

Es ist eine feststehende Ansicht der Fachleute, daß ein Parallelbetrieb komponentierter Drehstrom-Generatoren praktisch unmöglich sei. Wenn auch zugegeben wird, daß auf dem Gebiete der selbstregelnden komponentierten Generatoren von kleinsten Leistungen bis zu einigen hundert kVA hinsichtlich Spannungskonstanz und Betriebssicherheit sowie völliger Bedienungslosigkeit bei Ausregelungsgeschwindigkeiten, die diejenige der besten Schnellregler fast um das Zehnfache übertreffen, in den letzten 20 Jahren namentlich in Deutschland einiges geleistet worden ist, so wird für Parallelbetrieb immer noch der handgeregelt oder schnellgeregelt Generator oder evtl. der Asynchron-Generator bevorzugt.

Die Schwierigkeiten komponentierter Generatoren im Parallelbetrieb sind schon von den Zeiten der Gleichstromversorgung her bekannt; bei Drehstrom-Generatoren kommen die großen Gefahren der Blindstromüberlastung der spannungshärteren Maschine hinzu. Ebenso lange bekannt sind Mittel, um komponentierte Drehstromgeneratoren für Parallelbetrieb geeignet zu machen, zunächst für den Parallelbetrieb komponentierter Generatoren gleicher Größe im sogenannten Zwillingsbetrieb die Ausgleichsverbindungen, die die Komponentierungseinrichtungen der beiden parallelarbeitenden Maschinen untereinander verbinden. Bild 1 zeigt ein derartiges Schaltbild; hier ist die Komponentierungseinrichtung allgemein durch einen Kollektor dargestellt. Dieses Mittel der Ausgleichleitung ist nur im Zwillingsbetrieb und nur bei parallelarbeitenden Generatoren gleicher Größe möglich; bei geringen Verschiedenheiten kann noch ein Dämpfungswiderstand in den Ausgleichsverbindungen etwas weiterhelfen. Aber auch im Zwillingsbetrieb versagt dieses einfache Mittel, wenn der Regler-Ungleichförmigkeitsgrad der antreibenden Kraftmaschine zu groß und vor allem untereinander zu verschieden wird. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß Ausgleichsleitung im Zwillingsbetrieb komponentierter Drehstromgeneratoren bei Regler-Ungleichförmigkeitsgraden bis 3 oder höchstens 3,5% meist keine Schwierigkeiten bereiten.

Beim Parallelbetrieb komponentierter Generatoren ungleicher Leistungen und komponentierter Generatoren mit hand- oder schnellgeregelt Generatoren oder komponentierter Generatoren mit einem praktisch unendlich großen Netz ist das Hilfsmittel der Ausgleichsleitungen natürlich nicht mehr anwendbar. Seit längerer Zeit weiß man, daß die Generatoren in ihrem Spannungsverhalten weicher gestaltet werden können durch ohmsche oder induktive Widerstände, die zusätzlich in die Hauptstromkreise geschaltet werden, oder durch Regelwiderstände im komponentierten Erregerkreis. Zweifellos kann der weicher gemachte Generator sich nicht mehr überlasten, wenn dies auch meist nur mit dem völligen Verlust der Spannungskonstanz erkauft werden kann. Aber selbst durch weitgehendes „Weichmachen“ der Generatoren ist bei größeren Spannungsschwankungen des Netzes oder bei großem Regler-Ungleichförmig-

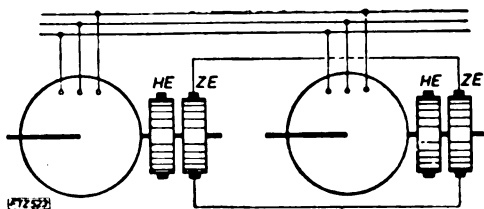


Bild 1. Zwillingsbetrieb mit Ausgleichsleitungen; HE Leerläufererregung, ZE Zusatzreglererregung.

keitsgrad verbunden mit stärkeren Belastungsschwankungen ein sicherer Parallelbetrieb nicht mehr möglich.

Worin liegen die besonderen Schwierigkeiten? Es muß als bekannt vorausgesetzt werden, daß die Verteilung der Wirklast einzig und allein durch die Drehzahlregler der Antriebsmaschinen bestimmt ist, und ebenso, welche Rolle hierbei Ungleichförmigkeitsgrad, Schwungrad und synchronisierendes Moment (bzw. asynchrones Moment bei Damferwicklungen) spielen. Bei komponentierten Generatoren liegen die Hauptschwierigkeiten nun in der großen Gefahr der Blindstromüberlastung und der hierdurch bedingten Überdelungen. Die resultierende Erregung ist bestimmt durch die geometrische Summe der Pol- und der Ankererregung und wiederum durch die Höhe der inneren Spannung (EMK). Die Spannungsschwankungen eines Netzes erreichen bis 10...15%, ja 20% des Sollwertes; der komponentierte Generator ist auf konstante Spannung eingestellt und hat bei einem Absinken der Netzspannung einen außerordentlichen Erregungsüberschuß, dem nur durch ein stoßweises Ansteigen der Ankererregung durch Blindstromüberlastung des Generators das Gleichgewicht gehalten werden kann. In den meisten Fällen scheint jeder Kampf hiergegen hoffnungslos und die Gegner der komponentierten Generatoren haben wieder Recht behalten: ein sicherer Parallelbetrieb ist also doch nicht möglich.

In langer Pionierarbeit hat das Generatorenwerk A. v. Kaick durch einen neuen Blindlasteinsteller in Verbindung mit einer exakten Trennung der Grunderregung für Leerlauf und der Zusatzreglererregung bei Belastung das Problem des Parallelbetriebes komponentierter Generatoren wohl vollständig gelöst. Wir können den Erregerstrom eines komponentierten Generators in der Form darstellen<sup>1</sup>:

$$i = i_0 + i_z,$$

wobei die Grunderregung  $i_0$  durch die Höhe der Leerlaufspannung  $U_z$  bestimmt ist. Die Zusatzreglererregung  $i_z$  kann mit genügender Genauigkeit wiedergegeben werden durch:

$$i_z = c_1 \frac{I \sin(\gamma + \varphi)}{R_z}$$

hierbei<sup>2</sup> ist  $\gamma$  = Winkelfestwert,  $R_z$  = Widerstand des zugehörigen Erregerkreises.

$i_z$  und  $I$  sind einander proportional, so daß wir erhalten

$$R_z = \frac{c_2}{\sin(\gamma + \varphi)}$$

Durch einen nach dieser Gleichung abgestimmten Widerstand im Zusatzreglerkreis ist es also eindeutig und unabhängig von der Belastung möglich, einen bestimmten Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  und damit Leistungsfaktor cos  $\varphi$  einzuregeln, der selbsttätig bei gleichbleibenden Spannungsverhältnissen des Netzes bei beliebig schwankender Erregung konstant gehalten wird. Diese Aufgabe kann im Schnellreglerbetrieb nur durch einen besonderen cos  $\varphi$ -Regler neben dem Spannungsregler gelöst werden; der Blindlasteinsteller erspart somit einen zweiten Schnellregler. Bei schwankender Netzspannung kann es zweckmäßig sein, ein- oder zweimal am Tage mittels des Sollwertestellers die Grunderregung der geänderten Netzspannung anzupassen. Wenn Blindstromlieferung in das Netz keinen wirtschaftlichen Vorteil bedeutet, wird zweckmäßig der Leistungsfaktor mittels des Blindlasteinstellers auf cos  $\varphi$  eingestellt; im allgemeinen ist es vorteilhafter, die Erregungsreserve des Generators mindestens bis cos  $\varphi$  zu

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Arnold: Die synchronen Wechselstromgeneratoren. Verlag Jul. Springer, Berlin, 1913, S. 123 ff.

<sup>2</sup> Gegenüber Arnold (Fußnote 1) ist  $(\gamma + \beta)$  durch  $(\gamma + \varphi)$  zu ersetzen.

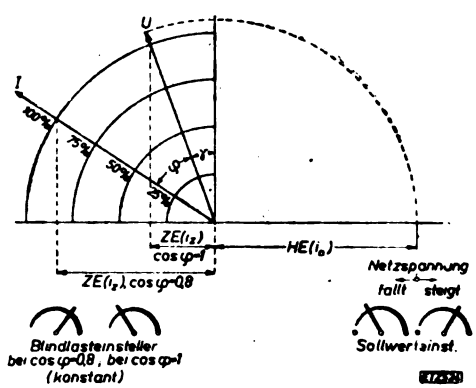


Bild 2. Arbeitsweise des Blindlasteinstellers.

zunutzen, d. h. etwa 60% der Scheinleistung als Blindstrom ins Netz zurückzuliefern; bei dieser Einstellung des Blindlasteinstellers kann auch bei großen Spannungsschwankungen damit gerechnet werden, daß Blindstromüberlastungen vermieden werden können, weil sich bei steigender Netzspannung die Blindstromlieferung von selbst verringert, während die Blindstromabgabe bei  $\cos \varphi = 0,8$  etwa der mit der geringsten Netzspannung entspricht.

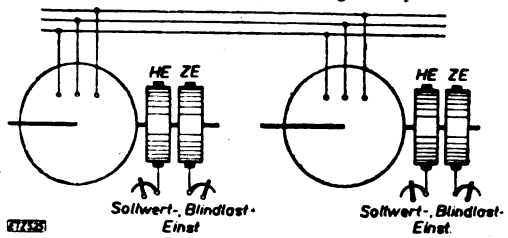


Bild 3. Parallelbetrieb kompoundierter Generatoren.

Bild 2 zeigt in einem vereinfachten Diagramm die Arbeitsweise des neuen Blindlasteinstellers: nach rechts ist die Runderregung  $i_0$ , nach links die Zusatzerregung  $i_2$  aufgegeben. Es ist

$$i_2 = c_3 I \sin(\gamma + \varphi)$$

für einen einmal eingestellten Ohmwert des Blindlast-

einstellers bleiben  $\varphi$  und  $\cos \varphi$  konstant und unabhängig von der Belastung. Schwankungen der Netzspannung können weiterhin durch einen Sollwertesteller im Grunderregerkreis ausgeglichen werden.

Die Bilder 3 und 4 zeigen Anordnung und Schaltung von Sollwert- und Blindlasteinstellern bei Generatoren von A. van Kaick, und zwar Bild 3 für Parallelbetrieb zweier kompoundierter Generatoren gleicher oder ungleicher Leistung und Bild 4 den Parallelbetrieb eines kompoundierten Generators mit einem Netz oder einem größeren Einzelgenerator. Der kompoundierte Generator hat danach 2 Erregerkollektoren: an dem Kollektor für die Grunderregung wird der Sollwertesteller, an dem Kollektor für die Zusatzerregung der Blindlasteinsteller angeschlossen.

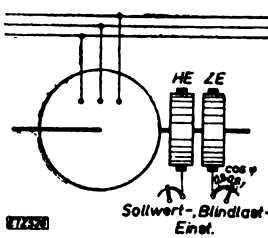


Bild 4. Parallelbetrieb eines kompoundierten Generators mit dem Netz.

Wie weit die Blindstromregelung durch den neuen Blindstromesteller auch auf andere Konstruktionen kompoundierter Generatoren übertragbar ist, muß noch geklärt werden. Voraussetzung ist, daß die Erregerkreise für Grunderregung und Zusatzerregung völlig voneinander getrennt sind; darüber hinaus ist aber die vollkommene Proportionalität zwischen Belastungsstrom  $I$  und Zusatzerregestrom nach dem vorhergehenden die Grundvoraussetzung, die nur bei einer linearen Charakteristik der Erregermaschine erreicht werden kann.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die neuen Blindlasteinsteller das alte Problem des Parallelbetriebes selbstregelnder kompoundierter Generatoren auf neuartige Weise wohl restlos gelöst haben, wie eingehende Versuche des Verfassers zeigten, die sowohl im Laboratorium als auch unter schwierigsten Bedingungen im praktischen Betriebe angestellt worden sind. Damit wird dem kompoundierten Generator, dem heute schon im Export der deutschen Elektroindustrie eine bedeutende Rolle zufällt, eine Reihe neuer Möglichkeiten geschaffen werden.

## Einige Fragen neuzeitlicher Kraftwerksplanung

Von H. Voigt, Kelkheim/Taunus

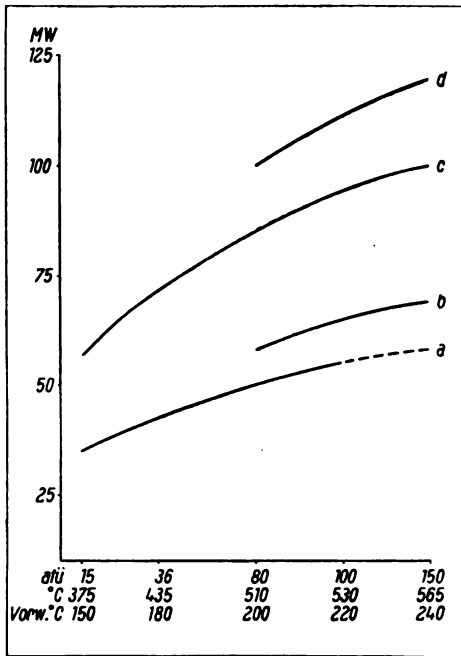
DK 621.311

**Übersicht.** Nachdem in den letzten Jahren in- und ausländische Zeitschriften eine ganze Reihe von Veröffentlichungen über den verhältnismäßig Aufbau neuer Großdampfkraftwerke brachten, beanspruchen angesichts der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten zwei größere Arbeiten aus der allerjüngsten Zeit besonderes Interesse: Karl Schröder: Die Weiterentwicklung des Dampfkraftwerks. Siemens-Zeitschrift (1951) H. 1. S. 3; 16 S., und die Studie der „Organisation for European Economic Co-Operation“ (OEEC): Note on the technical development of thermal power stations. Paris, Dez. 1950; 39 S. Die wichtigsten Kenntnisse dieser beiden Aufsätze sind nachstehend auszugsweise kurz zusammengestellt und z. T. ergänzt.

Schröder geht davon aus, daß nach vorsichtigen Schätzungen die jährliche Steigerung der Energieerzeugung aus festen Brennstoffen 3,45% betragen wird, und daß die heute noch in der Bundesrepublik in Betrieb befindlichen Dampfkraftwerke mit rd. 9 Mio. kW installierter Leistung in 30 Jahren durch neue Werke zu ersetzen sind, d. h., daß mit einem jährlichen Zuwachs an installierter Kraftwerksleistung von mindestens 1 Mio. kW gerechnet werden muß. Würde für diese Werke der durchschnittliche spezifische Kohlenverbrauch der gleiche wie heute bleiben, so könnte ein solches Programm mit Rücksicht auf unsere Brennstoffverhältnisse nicht erfüllt werden. Also müssen Werke gebaut werden, die sowohl bezüglich Wärmewirtschaft als auch hinsichtlich Anlagekosten ein Optimum darstellen. Dies führt zum Bau von Großkraftwerken mit folgenden Kennzeichen:

1. „Block“-Anordnung, d. h. das Kraftwerk besteht aus vollkommen selbständigen Teilkraftwerken mit je 1 (selten 2) Kessel und je 1 Turbosatz. Diese Teilwerke besitzen unter sich keine Querverbindungen und sind von einander völlig unabhängig. (Im Gegensatz hierzu sind bei einem „Sammelschienen-Kraftwerk“ hinreichende Querverbindungen für Dampf, Speisewasser, Strom, Hilfsbetriebe usw. vorhanden, so daß jeder Kraftwerksteil den anderen ersetzen kann.)
2. Größte Aggregate, d. h. Kessel von 300 ... 500 t/h (USA 600 t/h), und Turbinen von 60 ... 125 MW (USA 200 MW).
3. Bei „Block“-Anordnung EIN-Wellen-Turbosätze bis 125 MW und ZWEI-Wellen-Turbosätze von 100 ... 200 MW.
4. Wasserstoffkühlung in Deutschland für Generatoren über 64 MVA.
5. Temperaturen: ohne Zwischenüberhitzung bis 525 ... 540 °C bei ferritischen und bis 560 ... 600 °C bei austenitischen Stählen. Zwischenüberhitzung bis auf oder fast bis auf Frischdampf Temperatur, z. B. 510/510 °C oder 565/550 °C.
6. Speisewasservorwärmung in 4 ... 7 Stufen auf 190 ... 225 °C. Trotzdem Senkung der Kesselabgastemperaturen auf 130 ... 160 °C möglich, so daß Kesselwirkungsgrade von 90% und mehr erreichbar sind.





ETZ 623  
 a Leistung des Turbosatzes bei 12 °C Kühlw. ohne Zwischenüberhitzung  
 b Leistung des Turbosatzes bei 12 °C Kühlw. mit Zwischenüberhitzung  
 c Leistung des Turbosatzes bei 27 °C Kühlw. ohne Zwischenüberhitzung  
 d Leistung des Turbosatzes bei 27 °C Kühlw. mit Zwischenüberhitzung

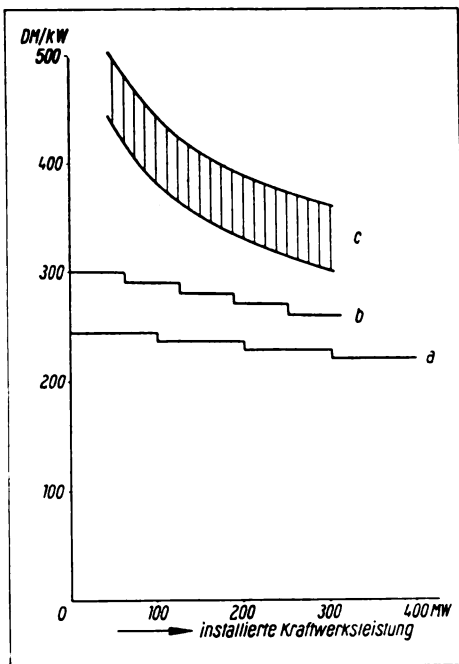
Bild 1. Leistungssteigerung von Turbosätzen in Abhängigkeit vom Dampfzustand vor der Turbine bei gleichbleibendem Turbinen-Niederdruckteil.

7. Die Turbosätze werden beim Block-System meist senkrecht zur Maschinenhausachse angeordnet.

8. Schornstein- und Turm-Bauarten (Flach- oder Hochbau) stehen sich gleichwertig gegenüber. Freiluftkessel werden steigend angewendet.

9. Wärme- und Elektrowarte meist im Kraftwerks-Schwerpunkt kombiniert.

10. Die Eigenbedarfsmaschinen werden fast ausschließlich elektrisch angetrieben.



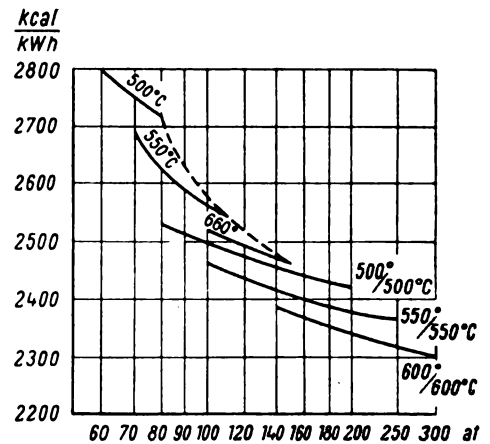
ETZ 624  
 a Kraftwerk aus 100-MW-Blöcken  
 b Kraftwerk aus 62,5-MW-Blöcken  
 c Sammelschienen-Kraftwerke mit Kesseln und Turbosätzen gemäß den WEV-Richtlinien, IV. Entwurf, August 1942.

Zur Ermittlung der Gesamtkosten ist ein Zuschlag von 20—35%, je nach den Verhältnissen auf der Baustelle, für „Sonstiges“ zu machen.  
 Bild 2. Spezifische Herstellkosten von Dampfkraftwerken in Abhängigkeit von der installierten Kraftwerksleistung (Preisgrundlage Sommer 1950).

Nachdem Schröder bereits 1944 die Möglichkeit untersucht und bejaht hatte, ein 300 MW-Kraftwerk mit 4 Turbosätzen je 75 MW und 4 Kesseln je 250 t/h für 175 RM/kWh bei einem Gesamtwärmeverbrauch von nur 2500 kcal/kWh zu bauen, können diese Grenzwerte z. T. heute bereits unterschritten werden. Als Hauptregel gilt, daß Brennstoffersparnisse entgegen der verbreiteten Annahme einer gegenläufigen Tendenz den Materialaufwand verringern können; daher kann das billigste Kraftwerk bei geeigneter Bauweise zugleich das mit dem geringsten Wärmeaufwand sein. In diesem Zusammenhang ist nach Bild 1 der Einfluß der Leistungssteigerung von Turbosätzen bei Anwendung der Zwischenüberhitzung und nach Bild 2 der erhebliche Preisunterschied bei Block- und Sammelschienen-Kraftwerken sehr aufschlußreich.

In Bild 3 zeigt Schröder die überhaupt erreichbaren Grenzwerte des spez. Wärmeverbrauchs, wenn der Frischdampfdruck auf 300 at und die Frischdampf-Zwischenüberhitzungstemperaturen auf 600/600 °C erhöht werden; hierbei erscheint ein Grenzwert von 2300 kcal/kWh möglich. Solche Werte können heute nur noch von Quecksilberdampf-Kraftwerken unterschritten werden<sup>1</sup>.

Weitere thermische Möglichkeiten zeigt Schröder an einem besonderen Schaubild, wenn noch Heißluftturbinen in den Weg der Verbrennungsluft zwischen dem unter Druck stehenden Luftherhitzer und der Brennkammer eingeschaltet werden, wobei der Wirkungsgrad des Kompressors mitbestimmend ist. Die nächste Stufe bildet dann das reine Gasturbinen-Kraftwerk, das aber heute, wie in einem weiteren Diagramm erläutert, noch nicht mit großen Dampfkraftwerken wirtschaftlich konkurrieren kann. Dies wäre erst bei wesentlich höheren Gastemperaturen zwischen 700 und 900 °C möglich; bei kleineren Kraftwerken dagegen ist ein Wettbewerb auf der Basis des Wärmeverbrauchs gegeben.



ETZ 625  
 a Kraftwerke ohne Zwischenüberhitzung  
 b Kraftwerke mit Zwischenüberhitzung

Bild 3. Bei günstigsten Verhältnissen erreichbare Grenzwerte des spezifischen Wärmeverbrauchs in kcal/Nutz-kWh.

Wenn auch das Block-Kraftwerk die geringsten Herstellungs- und Brennstoffkosten aufweist, so kann trotzdem je nach den örtlichen Verhältnissen, dem Belastungsdiagramm, der Forderung nach inneren Reserven und nach seinem Einsatz in einem Verbundnetz ein Sammelschienen-Kraftwerk größere Vorteile bieten. Bezüglich der Störanfälligkeit kann beim Blockkraftwerk ein ganzer Block, d. h. eine verhältnismäßig große Leistung, plötzlich ausfallen, wenn ein Kessel oder eine Turbine oder nur ein einziger Teil versagt, z. B. ein Hauptschieber. Beim Sammelschienen-Kraftwerk kann hingegen jeder Kraftwerksblock durch einen anderen ersetzt werden, so daß die Stromerzeugung weitgehend gesichert ist. Bei Störungen in den Querverbindungen, z. B. in den Dampf- oder Stromsammelschienen, kann allerdings, wenn auch nur in viel selteneren Fällen, ebenfalls ein Totalausfall eintreten. Je vermaschter und gesicherter ein Netz ist, und je mehr Deckungsreserven

<sup>1</sup> s. a. ETZ 72 (1951) H. 4, S. 118.

300 MW-Kraftwerk Anordnung	I	II	III	IV	V	VI
Turbosätze Turbinen-Schaltung Turbineneinflußdruck / Temperatur Zwischen-Überhitzung Kühlwassertemperatur Speisewassertemperatur Kessel Konzessionsdruck Dampfschaltung	6 × 50 MW Einwellensätze 80 atü 525°C  12°C 180°C 12 × 100 / 125 t/h 100 atü 530°C Sammelschiene	5 × 60 MW Einwellensätze 80 atü 525°C  12°C 220°C 5 × 200 / 250 t/h 100 atü 530°C Sammelschiene	5 × 60 MW Einwellensätze 125 atü 510°C 510°C 12°C 220°C 5 × 175 / 210 t/h 140 atü 515°C Block	4 × (25 + 50) MW Zweiwellensätze 125 atü 510°C 510°C 12°C 220°C 8 × 125 / 160 t/h 140 atü 515°C Block / Sammelschiene	3 × (33 + 67) MW Zweiwellensätze 125 atü 510°C 510°C 12°C 220°C 6 × 145 / 180 t/h 140 atü 515°C Block / Sammelschiene	3 × 100 MW Einwellensätze 125 atü 510°C 510°C 12°C 220°C 3 × 280 / 350 t/h 140 atü 515°C Block
Querschnitt						
Grundriß						
Wärmeschaltbild						
Herstellungskosten Wärmeverbrauch Strompreis						Bezugskraftwerk = 100 %
Verbleibende Leistung bei Ausfall eines Kessels Ausfall einer Turbine Ausfall eines Kessels und einer Turbine						

Bild 4. Kennwerte verschiedener 300-MW-Kraftwerke. Feststellungen über Eignung und Wirtschaftlichkeit verschiedener Kraftwerksbauarten.

durch Speicherwerke und gemeinsame Dampferreserven vorhanden sind, desto gerechtfertigter erscheint es, neue Kraftwerke als Blockwerke auszuführen. Wie sich bei verschiedenen Bauarten die Herstellungskosten, Wärmeverbrauch, Strompreis und Störungsmöglichkeiten auswirken, zeigt Schröder sehr übersichtlich in Bild 4.<sup>2</sup>

Auch ein Sammelschienen-Kraftwerk kann man heute billiger und wärmesparender bauen als früher. Es ist besonders dann am Platz, wenn bei der Art des Brennstoffs nicht gewährleistet ist, daß Reisezeiten von Kesseln (d. h. Betriebszeiten zwischen 2 äußeren Reinigungen) von mindestens 4 ... 5000 h und jährliche Benutzungsstunden von etwa 1000 h gesichert sind. In vielen Fällen wird das Sammelschienen-Kraftwerk ein Mehrzweck-Kraftwerk sein. Wenn es von den übrigen Kraftwerken getrennt ist, muß es selbständig das ganze Belastungsdiagramm des engeren Bereiches mit seinen Spitzen und Tälern ausfahren. Daher ist oft eine größere Leistungsunterteilung, d. h. die Aufstellung einer größeren Anzahl Kessel und Turbinen erforderlich. In Zusammenarbeit mit den Verbundwerken wird es dagegen in Mittellast- oder im Grundlastbereich arbeiten. Aus Bild 4 ergibt Schröder eine wichtige Erkenntnis: Ist z. B. ein Sammelschienen-Kraftwerk um etwa 20% teurer als ein gleichgroßes Blockkraftwerk, so könnte man in letzterem einen Block zur Reserve aufstellen, ohne die Kosten des ersten zu überschreiten. Die passive Reserve des Sammelschienen-Kraftwerkes würde somit in eine aktive Reserve ver-

wandelt. Zum Abschluß des Auszuges der Schröderschen Ausführungen, die durch 24 Abbildungen erläutert sind, seien zum Vergleich mit den folgenden Darlegungen noch seine Daten über im Bau befindliche bemerkenswerte SSW-Turbosätze gebracht (Tafel 1).

Tafel 1. Im Bau befindliche bemerkenswerte SSW-Turbosätze (unterstrichene Zahlen sind deutsche Höchstwerte).

Leistung der Turbine kW	Leistung der Generat. kVA	Kessel		Zw.-Überhitzer		Generator	Bemerkungen
		Druck atü	Temperatur °C	Druck atü	Temperatur °C		
100 000	143 000	125	<u>535</u>	—	—	mit Wasserstoffkühlung	Blockbetrieb
62 500	75 000	135	515	20	515	mit Wasserstoffkühlung	Blockbetrieb
11 400		160	<u>610</u>	—	—	mit Luftkühlung	Gegendruckbetr. 31 atabs
12 100		125	575	—	—	mit Luftkühlung	17,5 atabs
24 200		125	(515) <u>575</u>	—	—	mit Luftkühlung	17,5 atabs

Die eingangs erwähnte O.E.E.C.-Studie befürwortet in ihrer Einleitung eine möglichst moderne Ausstattung für Grundlastwerke, da bei ihnen die Brennstoffkosten stärker als die Kapitalkosten ins Gewicht fallen. Erwähnt wird, daß bezüglich großer Turbosätze die amerikanische Technik nicht ohne weiteres der europäischen überlegen ist; so hat

<sup>2</sup> Vgl. hierzu auch ETZ 72 (1951) H. 4, S. 119.

z. B. schon vor 1939 eine Schweizer Firma einen 160 MW-Turbosatz für die USA gebaut; 2 französische Firmen bauen zusammen mit amerikanischen Werken 100 MW-Sätze und im Londoner Battersea-Kraftwerk läuft schon seit Jahren eine 105 MW-Einheit.

In Europa sind Turbosätze bis 70 MW durchaus üblich, und da bereits vor 1939 mehrere 80 ... 85 MW-Maschinen gebaut wurden, besteht auch für 100 MW-Sätze durchaus keine Schwierigkeit mehr; es kommt lediglich auf die Nachfrage nach derart großen Einheiten an. Aus den verschiedenen aufgeführten Ländern nennt die O.E.E.C.-Studie nur einige nach ihrer Ansicht bemerkenswerte Kraftwerksdaten, die hier in der gleichen Reihenfolge angegeben werden:

**Deutschland**

Nach einem Hinweis auf die bereits bei Kriegsende im Bau befindlichen 5 Hochdruckkraftwerke (Einheitskraftwerke) mit je 2 Zweiwellensätzen je 75 MW, 111 at/490 °C, Zwischenüberhitzung 20 at/425 °C, die dann in der Ostzone demontiert wurden, werden von den im Betrieb befindlichen Werken lediglich die folgenden zwei genannt:

1. Gerstein-Werk, Vereinigte El. Werke Westfalen A. G.  
2 Benson-Kessel je 125 t/h, 125 at/510 °C, Genehmigungsdruck 155 at/500 °C  
1 Vorschaltmaschine, 18 MW normal 120 at/500 °C  
max. 150 at/500 °C  
Zwischenüberhitzung bei 22 at, 290/400 °C  
1 Nachschaltmaschine, 42 MW  
Speisewasser in 4 Stufen auf 185 °C vorgewärmt  
Kühlwasser 15 °C  
Wärmeverbrauch der Turbinen bei Bestlast (80%) ausschl. Hilfsmaschinen einschl. Vorwärmung 2280 kcal/kWh.

2. Kraftwerk Ost-Hannover der Hamb. El. Werke A. G.  
2 Benson-Kessel je 125 t/h, 140 at/510 °C (erster Ausbau)<sup>1</sup>  
1 Vorschaltmaschine, 20,5 MW 135 at/490 °C  
Zwischenüberhitzung bei 22 at, 310/425 °C  
1 Nachschaltmaschine, 48,2 MW  
Speisewasser in 5 Stufen auf 190 °C vorgew.  
Kühlwasser 12 °C  
Wärmeverbrauch der Turbinen bei Bestlast (80%) ausschl. Hilfsmaschinen, einschl. Vorwärmung 2255 kcal/kWh.

Warum nicht auch andere bemerkenswerte große deutsche Kraftwerke mit erwähnt werden, wird nicht gesagt, sondern nur darauf hingewiesen, daß deutsche Firmen 100 MW-Turbinen und wasserstoffgekühlte Generatoren bis 150 MVA im Bau haben und z. Zt. Kessel und Turbinen bis 600 °C gebaut werden.

**Belgien**

1. Kraftwerk Monceau-sur-Sambre.

Erster Satz für 50 MW seit April 1949 in Betrieb mit 1 Sulzer-Einrohr-Kessel 210 t/h 85 at/520 °C  
1 Escher-Wyß-Turbine 40/50 MW 80/85 at/510/520 °C  
1 ACEC-Generator 62,5 MVA 10,5 kV, Luftkühlung direkt geschaltet auf 60 MVA-Trafo, 70 kV  
Speisewasser auf 219 °C vorgewärmt  
Kühlwasser 12 °C  
Wärmeverbrauch an der Turbine 2 277 kcal/kWh  
des Werkes 2 700  
Ein gleicher Satz Kessel und Maschinen soll folgen.

2. Kraftwerk Schelle.

2 Sätze je 50 MW wie oben. Turbinen von BBC, Generatoren von ACEC.  
Speisewasser in 5 Stufen auf 210 °C vorgewärmt  
Kühlwasser 13 °C  
Wärmeverbrauch an der Turbine 2 269 kcal/kWh  
des Werkes 2 750

Eine belgische Firma baute bzw. baut 20 Generatoren je 50 MW und darüber, insbesondere 3 Generatoren je 68 MVA,  $n = 3000$ ,  $H_2$ -Kühlg. Durch  $H_2$ -Kühlung ließen sich gegenüber Luftkühlung die Verluste um 185 kW verringern.

**Dänemark**

**Kraftwerk Isefjord.**

1 BBC-Turbosatz 50/60 MW 80 at/500 °C  
Speisewasser in 5 Stufen auf 150 °C vorgewärmt  
Kühlwasser 12 °C  
Wärmeverbrauch der Turbine bei Klemmenleistung  
37,5 MW 2 245 kcal/kWh  
50 MW 2 221  
60 MW 2 261  
Wärmeverbr. d. Kraftwerks 3 600

<sup>1</sup> M. Stegemann gibt in seiner ausführlichen Abhandlung über das Kraftwerk Ost-Hannover in der Z. VDI 90 (1948) S. 161 etwas andere Werte an, z. B. die Überlastbarkeit der Kessel bis 135 t/h.

**Frankreich**

Die Compagnie Electro-Mecanique (C. E. M.) baut z. Zt. zusammen mit BBC zwei 50 MW-Turbosätze für die Saar mit 88 at/520 °C. Der Wärmeverbrauch ist in Bild 5 durch Kurve 1 für verschiedene Belastungen dargestellt.

**Kraftwerk Genevilliers.**

1 Turbosatz 100 MW 89 at/520° gebaut von GECO-Amerika  
1 Turbosatz 100 MW 89 at/520° gebaut von ALSTHOM  
3 Kessel je 240/265 t/h, Babcock-USA, bereits in Betrieb  
3 Kessel je 240/265 t/h, Babcock-Frankreich, 1 in Betrieb  
Speisewasser auf rd. 230° C. vorgewärmt  
Kühlwasser 10 °C

Wärmeverbrauch des GECO-Satzes siehe Bild 5, Kurve 2  
Wärmeverbrauch des ALSTHOM-Satzes praktisch der gleiche  
Wärmeverbrauch des Kraftwerks bei Last 2x100 MW 2 770 kcal/kWh  
Ein Abnahmeversuch an dem GECO-Satz ergab bei einer Last von 100 MW einen Wärmeverbrauch 2 142

**Italien**

Erwähnt werden die Kraftwerke Larderello, Castellanza und Porto Marghera, die aber nur mit 33 at/420° betrieben werden. Größte Turbosätze 33 MW, größte Kesselleistung 145 t/h.

Franco-Tosi baut jetzt 60 MW-Turbosätze mit einem garantierten Totalwirkungsgrad von rd. 38%, d. h. also mit rd. 2270 kcal/kWh.

**Schweden**

Für die schwedischen Wasserkraftwerke besteht als Spitzen- und Aushilfswerk das Kraftwerk Västerås.

- 1 Kessel 130 t/h 24 at/480°
- 1 Kessel 250 t/h 24 at/480°  
(Anfahrzeit aus kaltem Zustand 30 min.)
- 2 Kessel je 300 t/h 35 at/480 °C im Bau
- 6 Turbosätze, davon 5 von der Firma STAL.  
1 Satz hat 65 MW, ein anderer 50 MW; ein 85 MW-Satz im Bau  
Speisewasser wird für die älteren Kessel auf 120 °C und für den neueren Kessel auf 140 °C vorgewärmt.  
Kühlwasser 10 °C.

Für ein geplantes Kraftwerk in Südschweden sind in Schweden gebaute 100 MW-Sätze vorgesehen. Ein 150 MW-Turbosatz ist konstruiert und ausführungsfähig.

**Schweiz**

Wenn auch die Schweiz wegen seiner Wasserkräfte selbst keine großen Dampfkraftwerke benötigt, so wurden von ihr doch sehr bemerkenswerte Wärmekraftwerke gebaut.

**Dampfkraftwerke schweizerischer Konstruktion.**

Kraftwerke	Dieppedalle		Großbliederndorf		Isefjord		Monceau.S.		Schelle	
	Frankreich				Dänemark		Belgien			
<b>Turbosätze</b>	Escher-Wyß		BBC <sup>4</sup>		BBC		Escher-Wyß		BBC	
Turbine	Oerlikon		BBC		BBC		ACEC		ACEC	
Generator	85		89		80		85		8	
Dampf	515		520		500		510		500	
	15		15		10		12		12	
Kühlwasser	40		88		50		40		50	
Einheiten je	50		110		60		50		40	
Vorwärmung auf:	210		211,5		192		210		210	
Wärmeverbrauch	219		225		200		219		210	
d. Turbosatzes	kcal		kcal		kcal		kcal		kcal	
	kWh		kWh		kWh		kWh		kWh	
bei cos 0,75	2259		2320		—		2244		2280	
0,8	—		—		—		—		—	
1,0	2248		2307		2175		2174		2221	
<b>Dampfkessel usw.</b>	Sulzer		Stein-Roubaix		Babcock-USA		Sulzer		Smulders	
	2x80		2x105		4x150		2x260		1x160 1x210	
<b>Wärmeverbrauch des Kraftwerkes</b>	2620		—		3600		2700		2750	
<b>Gesamtwirkungsgrad</b>	31		—		—		31		—	

**England.**

Durch die „British Electricity Authority“ wurden die Leistungen großer Einheiten wie folgt genormt:

MW	at	°C	Kühlung
100	105	566	H <sub>2</sub>
60	63	492	H <sub>2</sub>
30	42	455	Luft

Die meisten Werke haben Einheiten von oder über 30 MW; in den ersten Jahren werden solche von 60 MW dominiert. Turbogeneratoren von 75 ... 105 MW bei  $n = 1500$  U/min seit Jahren in Betrieb.

<sup>4</sup> Bild 5, Kurve 3.

**Vereinigte Staaten von Amerika.**

1. General Electric Company normiert alle Turbosätze bis 80 MW.

Nennlast MW	Höchstlast MW	Druck at	Temp. °C	Anzapfungen Zahl	Kühlung	Wärmeverbrauch bei Nennlast kcal/kWh
30	33	60	480	4	Luft	2407
40	44	60	480	4	H <sub>2</sub>	2366
60	66	89	510	5	H <sub>2</sub>	2252 <sup>3</sup>

Neuerdings wurde ein 125 MW-Satz konstruiert für 140 at/565 °C mit zweistündiger Zwischenüberhitzung auf 538 °C<sup>6</sup>.

2. Westinghouse Company

Nennlast MW	Höchstlast MW	Druck at	Temp. °C	Gehäuse Zahl	Wärmeverbrauch bei Nennlast kcal/kWh
30	33	60	480	1	—
50	62,5	60	480	2	2369
100	105,5	105	565	—	2108 <sup>7</sup>

**Größe in Europa gebaute oder im Bau befindliche Einheiten.**

	Deutschland <sup>11</sup>	Osterreich	Belgien	Frankreich	Italien	Schweiz	Norwegen	Schweden	England
<b>Turbogeneratoren</b>									
MW	125	—	30	100	36	110	—	100	100 <sup>10</sup>
at	160	—	65	98	40	135	—	98	—
°C	595	—	500	510	455	538	—	510	—
<b>Dampfkessel</b>									
t/h	500	296	210	227	173	210	—	300	410 <sup>10</sup>
at	168	120	100	98	42	88	—	30	—
°C	610	505	520	510	492	510	—	435	—
<b>Wasserkraftgeneratoren</b>									
MW	160	70	30 <sup>8</sup>	100	75 <sup>12</sup>	90	45	105	—
<b>Wasserkraft-Turb.</b>									
1000 PS	177,5	71	16,6	132	101,3	90 <sup>14</sup>	71	152	81
<b>Transformatoren</b>									
MVA	150	100	75 <sup>9</sup>	100 <sup>13</sup>	184	175	60	120	100

Die Westinghouse Co. baut z. Zt. 125 MW-Turbosätze mit 2-stufiger Zwischenüberhitzung und einem Vollastwärmeverbrauch von 2022 kcal/kWh.

Die O.E.E.C.-Studie schließt mit der Feststellung, daß bei Turbosätzen bis 70 MW keine wesentlichen Unterschiede zwischen amerikanischen und deutschen Konstruktionen bestehen, und daß europäische Werke in der Lage sind, auch Einheiten von 70 ... 100 MW und darüber zu bauen.

In Bild 5 sind die wichtigsten Daten bzgl. des Wärmeverbrauchs von Turbogeneratoren in Abhängigkeit von der Belastung zusammengetragen.

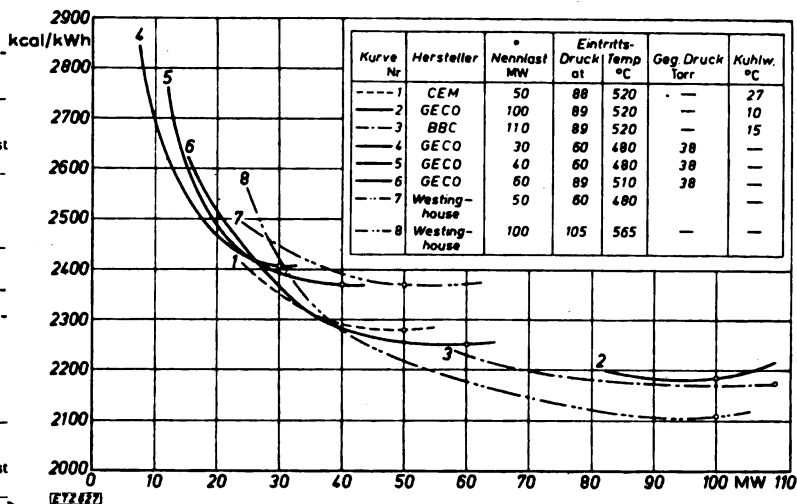


Bild 5. Wärmeverbrauch großer Turbosätze bei verschiedenen Belastungen (die vorletzte Spalte der Tafel in diesem Bild muß lauten: Kond.-Druck ata —/—/—/0,052/0,052/0,052/0,047/—).

Wenn somit auch in der O.E.E.C.-Studie eine ganze Reihe sehr bemerkenswerter, z. T. statistischer Angaben enthalten ist, so kann sie — gemessen an dem bereits heute erreichten Entwicklungsstand — doch nicht als vollständig angesehen werden, da sie die neuesten Turbinen- und Kraftwerksdaten noch nicht berücksichtigt. So hätten z. B. das Einwellen-Blockkraftwerk Sewaren<sup>15</sup> in den USA (3X100 MW + 1X125 MW, 4 Kessel je 375 t/h, 106 atü/565 °C, Gesamtwärmeverbrauch 2365 kcal/kWh) und das Zweiwellen-Blockkraftwerk Philip Sporn in den USA genannt werden müssen, welche K. Schröder in seinem Aufsatz anhand interessanter Lage- und Wärmepläne behandelt hat. Für das zuletzt genannte Werk gibt K. Schöff in der Z. VDI 93 (1951) auf Seite 186 folgende wertvolle Angaben:

Leistung eines Kessels bei 142 at/565 °C	424 t/h
Wirkungsgrad eines Kessels bei Abgastemperatur von 113 °C	90 %
Nutzleistung der Vor- und Nachschaltmaschine	140 MW
Eigenverbrauch	6,3 %
Innerer Wirkungsgrad d. Vorschaltturbine (42,6 MW)	83 %
Innerer Wirkungsgrad d. Nachschaltturbine (108,33 MW)	90 %
Mechanisch-elektrischer Wirkungsgrad	97,9 %
Kondensatordruck	0,052 ata
Speisewasser-Vorwärmung in 8 Stufen auf	227 °C
Thermischer Wirkungsgrad	36,8 %
Wärmeverbrauch bei rd. 140 MW Nutzleistung	2 336 kcal/kWh

Diese und andere Zahlen lassen klar erkennen, welche Erfolge heute schon in modernen Groß-Dampfkraftwerken unter Ausschöpfung aller wärmetechnischen Möglichkeiten erreichbar sind<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> s. a. ETZ 71 (1950) S. 375.

<sup>16</sup> Vgl. auch den neuesten Aufsatz von F. Münzinger: Die Wirtschaftlichkeit von Dampf-, Gas- und Quecksilberturbinen in ortsfesten Kraftwerken. Z. VDI 93 (1951) S. 281.





## Entwicklung der englischen Elektrizitätswirtschaft

(Nach einem Bericht der British Electricity Authority für die Zeit vom 13. 8. 1947 bis 31. 3. 1949)

DK 620.92 : 621.311.1 (42)

Am 13. 8. 1947 trat die Elektrizitätsakte nach Zustimmung des Königs in Kraft, nachdem sie als Entwurf am 20. 12. 1946 im Unterhaus eingebracht worden war. Zur Vorgesichte dieses Gesetzes, durch welches die Elektrizitätsversorgung von Großbritannien ab 1. 4. 1948 verstaatlicht wurde, sei eine kurze historische Entwicklung gegeben.

Die erste öffentliche Elektrizitätsversorgung erfolgte 1881 in Godalming in Surrey, wo eine Straßenbeleuchtung aus einer Wasserkraftanlage am Weyfluß gespeist wurde. Die Kabel wurden in die Rinnsteine verlegt, da damals kein Gesetz existierte, um die Straßen aufreißern zu können.

1882 wurde die Elektrizitätsbeleuchtungsakte als erste öffentliche Maßnahme, die sich mit der Elektrizitätsversorgung befaßte, vom Parlament erlassen. Diese ermächtigte das Board of Trade durch eine Lizenz oder einen vorläufigen Erlaß, eine Genehmigung zur Elektrizitätsversorgung in irgendeinem Gebiet einer örtlichen Behörde oder Gesellschaft oder einer einzelnen Person zu erteilen. Während zunächst die Zustimmung der Lokalbehörde nicht notwendig war, schrieb die Akte vom Jahre 1888 das Einverständnis der örtlichen Behörde vor und verlängerte die damals laufenden Verträge. Diese Maßnahme ermutigte nicht zu einem großzügigen Ausbau der Elektrizitätsversorgung. Es verblieb zunächst bei kleineren Unternehmen in dichtbevölkerten Gebieten, bis infolge des technischen Fortschritts in der Drehstromerzeugung und -verteilung größere Versorgungsgebiete bis zu mehreren 100 Quadratmeilen entstanden.

In den Jahren nach 1900 wurden mehrere besondere Akte vom Parlament erlassen, welche die Gründung von Elektrizitätsversorgungsunternehmen regelten. Nach Ausbruch des ersten Weltkrieges zeigte sich die Schwäche des Versorgungssystems nicht nur hinsichtlich der Bereitstellung der Energie für Kriegszwecke, sondern auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Erzeugung. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse wurden drei Kommissionen von der Regierung berufen. Eine Kommission unter Leitung von Sir Archibald Williams (dem späteren Lord Forres) beschäftigte sich mit den Maßnahmen, die für eine gleichmäßige und wirtschaftliche Versorgung aller Abnehmer ergriffen werden mußten, besonders der Industrie, die auf billigen Strombezug angewiesen war. Diese Empfehlungen waren in der Elektrizitätsversorgungsakte vom Jahre 1919 niedergelegt, die jedoch bei ihrer Behandlung durch das Parlament nicht voll zur Geltung kam. Im Bereich ihrer Verantwortlichkeit entwarf und untersuchte die Elektrizitätskommission eine Reihe von regionalen Systemen, um die Erzeugung auf eine kleine Zahl größerer Kraftwerke zu konzentrieren, die 5 Verbundbehörden unterstellt wurden. Es fehlten jedoch die treibenden Kräfte zur Verwirklichung dieser Pläne.

1925 wurde ein weiteres Komitee unter Lord Weir beauftragt, die nationale Problemstellung der Elektrizitätsversorgung zu überprüfen und über die zweckmäßigste Art einer wirkungsvollen Entwicklung Bericht zu erstatten. Man stellte hierbei nicht weniger als 572 getrennte Versorgungsunternehmen fest, welche ihren Strom von 438 Kraftwerken bezogen. Man empfahl die Errichtung eines nationalen Systems von Hauptversorgungsleitungen — später „Grid“ genannt — zur Verbindung ausgewählter Kraftwerke, um die Verteilungssysteme der öffentlichen Versorgungsbehörden mit Elektrizität aus den wirtschaftlichsten Anlagen auf Großhandelsbasis zu versorgen. Ferner wurde eine Vereinheitlichung der Frequenz der verschiedenen Wechselstromsysteme vorgeschlagen sowie die Errichtung einer ausführenden Körperschaft: „The Central Electricity Board“, die für die Ausführung, den Betrieb und die Unterhaltung des Grid und die Lastverteilung der einspeisenden Kraftwerke verantwortlich sein sollte. Diese Vorschläge wurden mit gewissen Abänderungen durch die Elektrizitätsakte vom Jahre 1926 in Kraft gesetzt.

1936 arbeitete die Regierung ein Memorandum aus. Danach sollten die Versorgungsunternehmen in 76 Gruppen auf der Basis der großen Konzerne zusammengefaßt werden, auf welche nach Ablauf von 50 Jahren eine öffentliche Körperschaft das Vorkaufsrecht erhalten sollte. Als 1939 der zweite Weltkrieg ausbrach, hatten diese Vorschläge noch keine Gesetzeskraft.

1943 wurde die nordschottische Wasserkraftbehörde gegründet, welcher der Aufschluß ihres Gebietes durch Wasserkraftwerke und Verteilungsanlagen obliegt. Am 1. 4. 1948 übernahm auf Grund der Elektrizitätsakte von 1947 unter dem Vorsitz von Lord Citrine die British Electricity Authority (Elektrizitäts-Zentralbehörde) und 14 Distriktsbehörden das Eigentum und den Betrieb der Versorgungsunternehmen für ganz Groß-Britannien, mit Ausnahme von Nordschottland. Am 31. 3. 1948 gab es 143 ausgewählte Kraftwerke, die über 95% der Energie für die öffentliche Versorgung erzeugten. Die Leistung von 55 weiteren Stationen, welche zur Zeit der Lastspitze das Grid beliefern, wurde hinsichtlich des Brennstoffverbrauchs kontrolliert und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten eingesetzt. Die Energie der ausgewählten Kraftwerke wird von der Zentralbehörde gekauft und durch diese den Verteilungsbehörden einschließlich der Eigentümer der ausgewählten Stationen verkauft. Vorsitzender und ein Teil der Mitglieder der Zentrale und der Distriktsbehörden werden vom Minister für Brennstoff und Energie ernannt. Dieser kann der Zentralbehörde generelle Richtlinien erteilen, welche im nationalen Interesse notwendig erscheinen.

Am Übernahmetag (1. 4. 1948) betrug das Personal der Unternehmungen und der Behörden über 145 000 und die eingebrachten Aktiva stellten einen Wert von rd. 900 Mio. £ dar. Am 31. 3. 1949 betrug die gesamte installierte Leistung der in das Grid einspeisenden Kraftwerke 12,84 Mio. kW, während für die nächsten 20 Jahre Neu- und Ersatzbauten von voraussichtlich mehr als 30 Mio. kW vorgesehen werden müssen.

Die Zentralbehörde unterhält eine Kraftwerks-, eine Übertragungs- und eine Forschungsabteilung. Am 1. 4. 1948 unterstanden 297 Kraftwerke der Zentralbehörde. Die Nachkriegsjahre brachten große Schwierigkeiten bei der Inbetriebsetzung neuer Anlagen. Von 3 Mio. kW, die 1946 bis 1948 in Betrieb gehen sollten, konnte nur 1 Mio. kW tatsächlich anlaufen, während 2 Mio. kW erst zu einem späteren Zeitpunkt vollendet wurden. Die hauptsächlichsten Engpässe waren der Mangel an geeigneten Facharbeitern und an Stahl.

Im Winter 1947/48 betrug die Differenz zwischen der Bedarfsspitze des Landes und der verfügbaren Kraftwerksleistung 1,17 Mio. kW. Im milden Winter 1948/49 betrug die Differenz nur 0,52 Mio. kW gegenüber einem geschätzten Defizit von 1,7 Mio. kW bei sehr kaltem Wetter und ohne Lastverteilungsmaßnahmen. Dieser Mangel in den Wintermonaten, besonders bei kalten Witterungsverhältnissen, wird voraussichtlich bis zum Winter 1953/54 andauern.

Das Kraftwerks-Erweiterungsprogramm umfaßt 1946 bis 1953 eine Gesamtleistung von 8570 MW. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die Jahreskapazität der Herstellerfirmen von Kesseln und Rohrleitungen für inländische Lieferungen auf 1250 MW begrenzt sein dürfte. Man hofft diese Kapazität bis 1957/58 auf 1800 MW steigern zu können. Tatsächlich wurden 1946 nur 307 MW, 1947 nur 340 MW und 1948 nur 566 MW fertiggestellt. Von der letztgenannten Zahl stammen 239 MW aus dem Programm für 1946 und 327 MW aus dem Programm für 1947. Im Jahre 1949 wurden rund 700 MW in Betrieb genommen. Die Erweiterungen werden zentral geplant, die Einzelheiten der Entwürfe und deren Durchführung bleiben jedoch den örtlichen Stellen überlassen.

Die zentrale Planung befaßt sich mit den Gesichtspunkten von überregionaler Bedeutung im Hinblick auf die Standortwahl neuer Kraftwerke, wobei insbesondere die Belange der nationalen Verteidigung, der Luftfahrt, des Bergbaus, der allgemeinen Landesplanung und des Naturschutzes überprüft werden. Ferner werden die Typisierung der Kessel und Turbosätze, die Normung der Dampfdrücke und Temperaturen, der Spannungen sowie alle wichtigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, welche die Stromerzeugung und -verteilung berühren, von der Zentralbehörde durchgeführt. Besondere Aufmerksamkeit wird der Elektrifizierung von ländlichen Gebieten gewidmet. Auch die Sicherheitsvorschriften, die gesundheitlichen und sozialen Probleme und das Tarifwesen gehören zu den Aufgaben der Zentralbehörde. Auf ihre Veranlassung sind u. a. 2 Gasturbinen-Versuchsanlagen von je 15 MW in Manchester und New Castle upon Tyne im Bau.

Das Grid umfaßte am 1. 3. 1950 6080 km 132 kV-Leitungen und etwa 2700 km mit 66 kV und darunter. Ein überlagertes Netz mit 275 kV wird zur Zeit errichtet. Zur Sicherung der Versorgung wurden Lastverteilungs- und -abschaltmaßnahmen vorbereitet und durchgeführt, wobei auf Grund der im Winter 1947/48 gemachten Erfahrungen im Winter 1948/49 während der Monate Dezember, Januar und Februar eine durchschnittliche Einschränkung des Strombezuges um 20% gegenüber dem maximalen Bedarf angeordnet wurde. Die Gesamterzeugung betrug 1949 49 Mia. kWh und damit 6,3% mehr als 1948. Der durchschnittliche thermische Wirkungsgrad, bezogen auf die abgegebene kWh, betrug Ende 1948 21,03%. Während der Durchschnittspreis der Kohle frei Kraft-

werk von rd. 19 sh/t Ende 1938 auf 50 sh/t Ende 1949 anstieg, fiel der durchschnittliche Heizwert im gleichen Zeitraum von 6400 auf 6050 kcal/kg. Die genaue Vorausplanung der Zentralbehörde erstreckt sich jeweils über die nächsten 5 Jahre. Für besonders wichtig hält man es, die Leistung des Verteilungsnetzes mit der Kapazität der Erzeugerwerke und des Hauptverteilungssystems in Einklang zu bringen. Weiterhin muß dafür gesorgt werden, daß die Stromversorgung der Industrie ausreichend gesichert wird. Der Elektrizitätsverbrauch betrug bei einer Bevölkerung von 46,8 Mio. Einwohnern 820 kWh/Einwohner und Jahr. — Der Bericht enthält noch viele interessante Einzelheiten über den finanziellen und verwaltungsmäßigen Aufbau dieser Organisation.  
A. G r a b m a n n

## Der Außenhandel der Elektroindustrie

Von W. Hofmeier, Bonn

DK 621.3 : 382.5/4

Seit den Anfängen einer elektrotechnischen Industrie zu Mitte des vorigen Jahrhunderts bis zum Beginn dieses Krieges hat Deutschland stets mit an erster Stelle bei der Versorgung des Weltmarktes gestanden. Die schweren Verluste bei Kriegsende brachten den Außenhandel zunächst völlig zum Erliegen. Das Ausmaß dieses Zusammenbruchs, aber ebenso auch der raschen Erholung nach der Währungsreform ergibt sich aus den folgenden Zahlen:

	Einfuhr in Mio. RM/DM	Ausfuhr	E : A	Ausfuhr in % der Produktion
1936	18,2	266,2	1 : 15	11,4%
1937	19,6	328,0	1 : 17	11,9
1947		rd. 4		0,4
1948	5,4	30,8	1 : 5,7	1,6
1949	29,8	102,6	1 : 3,4	3,5
1950	53,6	318,3	1 : 6	8,9

Den schnellen Anstieg der letzten 2 Jahre zeigen die Ziffern der einzelnen Quartale:

	Einfuhr	Ausfuhr	E : A	Ausfuhr in %
I/49	4,2	15,2	1 : 3,6	2,1%
II/49	8,2	20,7	1 : 2,5	3,1
III/49	7,2	28,4	1 : 3,9	4,0
IV/49	10,2	38,3	1 : 3,7	4,8
I/50	11,3	49,3	1 : 4,4	6,8
II/50	11,2	65,6	1 : 5,9	9,2
III/50	14,1	83,1	1 : 5,9	9,5
IV/50	17,0	120,3	1 : 7,1	10,5

für 1936—37: gesamtes Altreich  
bis Mitte 1949: Vereinigtes Wirtschaftsgebiet mit Berlin  
seit Mitte 1949: Bundesgebiet mit Berlin

Unter Beachtung der Preiserhöhung ist 1950 die Einfuhr auch mengenmäßig höher als vor dem Kriege, während die Ausfuhr dem Werte nach höher, jedoch der Menge nach niedriger liegt. Besonders wichtig ist die Beziehung zwischen Einfuhr und Ausfuhr, die bei freiem Markt gewissermaßen einen „Faktor der Überlegenheit“ ergibt. Bis Anfang 1949 war die Einfuhr noch künstlich stark gedrosselt. Anschließend stieg die Verhältniszahl von 2,5 an gleichmäßig bis auf zuletzt 7. Aus der Kenntnis der Märkte und der Exportmessen ist klar erkennbar, daß in der gleichen Zeit sich im selben Verhältnis auch die deutsche Leistung hinsichtlich Preis und Technik gegenüber dem Ausland verbessert hat. Von Interesse ist auch der in der letzten Spalte genannte Anteil des Exportes an der Produktion, der noch 1947 fast auf dem Nullpunkt war und in zwei Jahren annähernd den letzten Vorkriegsstand erreicht hat. In früheren Jahren hatte der Exportanteil allerdings 20% zeitweise überschritten.

Immerhin ist der zu Ende 1950 erreichte Stand eines Ausfuhrvolumens von rund 480 Mio. mit weiter steigender Tendenz gegenüber einer in Zukunft wohl etwa gleichbleibenden Einfuhr von 60 Mio. recht befriedigend.

Trotzdem hat die Ausnutzung der wirklichen Möglichkeiten des Weltmarktes damit eben erst begonnen. In den letzten Vorkriegsjahren betrug der Elektro-Export der Welt etwa 1200 Mio. Mark (500 Mio. US\$). Er verteilte sich zu je einem Viertel auf Deutschland, USA, England und alle übrigen

Länder. Gerade zuletzt hatte Deutschland dabei die zeitweise verlorene Führung zurückgewonnen.

1949 war dagegen der Export höher als 6 Mia. Mark (1,5 Mia. US\$) und wird 1950 wohl 7 Mia. übersteigen. Während der Anteil der „Sonstigen“ sich nicht wesentlich erhöht hat, beherrschen Amerika und England heute fast 70% des Weltmarktes, gegenüber erst wieder 4...5% Deutschlands. Dies entspricht der Vorgabe in den Jahren 1945...1948 und der Wegnahme unserer Patente und Auslandsvertretungen. Es entspricht aber in gar keiner Weise der heutigen Leistung der Industrien hinsichtlich Technik, Preis und Liefertermin. (Die Zahl der Beschäftigten beträgt zur Zeit in den USA 800 000, England 510 000, Bundesgebiet mit Westberlin 320 000). Der im Werte gegenüber früher auf das Sechsfache erhöhte Weltexport bietet jedenfalls noch große Möglichkeiten.

Die Verteilung des Außenhandels auf die einzelnen Fachgebiete der Elektrotechnik ist sehr unterschiedlich. Einen Faktor sehr starker Überlegenheit haben folgende Gebiete:

Zahlen für Januar bis September 1950

	Einfuhr	Ausfuhr	E : A
Autozubehör	129	11 407	1 : 87
Lichtmaschinen	102	2 267	1 : 22
Kabel	256	17 185	1 : 67
Drahte	436	6 314	1 : 14
Elektrokohle	130	10 600	1 : 82
Akkumulatoren	134	3 923	1 : 29
Fernmeldetechnik	1 404	10 459	1 : 7
Elektromedizin	1 349	12 762	1 : 9
Röntgenröhren	7	2 828	1 : 403
Kühlschränke, Staubsauger	26	2 787	1 : 107

Etwas weniger stark ist die Überlegenheit auf folgenden Gebieten:

	Einfuhr	Ausfuhr	E : A
Maschinen	6 309	28 603	1 : 4
Schaltgerät u. a.	6 206	45 732	1 : 7
Meßgeräte	2 582	14 630	1 : 6
Haushaltgeräte	555	4 413	1 : 8

Einen negativen Faktor, d. h. Unterlegenheit gegenüber dem Ausland zeigen nur noch folgende Teilgebiete:

	Einfuhr	Ausfuhr	E : A
Funktechnik	12 045	10 057	1,2 : 1
Glühlampen	2 953	1 286	2,3 : 1
Leuchtstoffröhren	1 553	186	8,4 : 1

Bei diesen letzten Zweigen ist im Gegensatz zu allen übrigen die Einfuhr noch durch Kontingente begrenzt, würde also bei freiem Markt noch weit höher liegen. Das Funkgebiet hat in den letzten Monaten sich schon auf das Verhältnis 1 : 1 verbessert und wird in Zukunft aktiv werden. Die Schwierigkeiten liegen hier vor allem bei den Rundfunkröhren, die durch alliierte Verbote stark behindert waren und noch sind. Damit hat nur das Gebiet der Lampen und Leuchtstoffröhren noch nicht eine internationale Wettbewerbsfähigkeit erreicht.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.314.212 : 629.1—474

**Das fahrbare Umspannwerk der Kohlenbergwerke von Nordfrankreich und des Pas-de-Calais.** [Nach P.-L. Robine: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 101; 6 S., 4 B.]

Die französischen Bergwerke des oben bezeichneten Gebietes stützen ihre Energieversorgung im wesentlichen auf 14 große Kraftwerke, deren jährliche Stromerzeugung 1939 etwa 2,5 Mia. kWh betrug und die voraussichtlich nach weiterem Ausbau und Modernisierung dieser Anlagen im Jahr 1954 auf 4 Mia. kWh ansteigen wird. Aus diesen Kraftwerken werden die Kohlenbergwerke und die mit ihnen verbundenen synthetischen Betriebe mit Spannungen von 3 kV, 5 kV, 15 kV und 45 kV beliefert. Ferner sind sie mit Umspannwerken der Electricité de France, entweder in der Verteilungsspannung von 15 kV und 45 kV verbunden, oder sie stehen mit diesen Werken in Verbundwirtschaft bei Spannungen von 90 kV, 150 kV und 220 kV. Für dieses gesamte Netzgebilde haben die nordfranzösischen Kohlenbergwerke ein fahrbares Umspannwerk gebaut, dessen elektrischer und mechanischer Aufbau in Bild 1 und Bild 2 wiedergegeben ist

- $T_i$  Stromwandler
  - $T_s$  Spannungswandler
  - $T_p$  Dreiwicklungsumspanner
  - $T$  Hilfsumspanner
- Hilfsspannung 220 V

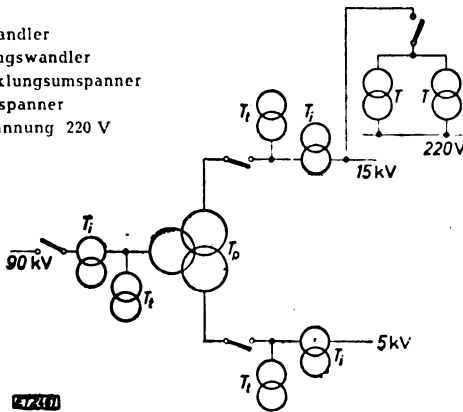


Bild 1. Einstrich-Schaltbild des fahrbaren Umspannwerkes für 90 kV, 15 kV, 5 kV.

Die Umspannerleistung ist 15... 20 MVA bei Sekundärspannungen von 3 kV, 5 kV und 15 kV und einer Primärspannung von 90 kV. Die 90 kV-Schalteneinrichtung ist eine Freiluftausführung. Der Umspanner hat 13 Anzapfungen mit einer Spannungsregelung von  $\pm 15\%$ . Der Freiluft-Dreiwicklungsumspanner besitzt Ölumlaufrückführung in Verbindung mit Ventilatoren; er ist um 30% über 3 h hinweg bei Vollast und  $\cos \varphi = 0,8$  überlastbar. Sein Gesamtgewicht ist 63 t, wovon 23,1 t auf das Öl entfallen. Die Schalt-, Schutz- und Meßeinrichtungen des auf Bahngeleise fahrbaren Umspannwerkes sind in einem Wagenabteil untergebracht. Dieses enthält im wesentlichen 5 Hochspannungszellen mit einer Höhe von 2,2 m. Von letzteren umfaßt der 15 kV-Teil 3 und der 5 kV-Teil 2 Zellen. Die Schalter werden mit Druckluft betätigt, die in zwei Kompressoranlagen Type Luchard M. E. 10 erzeugt wird. Ferner sind zwei Hilfsumspanner im Wagen untergebracht mit einer Gesamtleistung von 35 kVA und Primärspannung von 15 750 V bzw. 9 100 V und einer Sekundärspannung von 220 V. Schließlich gehört zur Inneneinrichtung des Wagens eine Schalttafel für die Hilfsanlagen, wie z. B. Kompressormotoren, Ventilatoren, Ölumlaufrück-

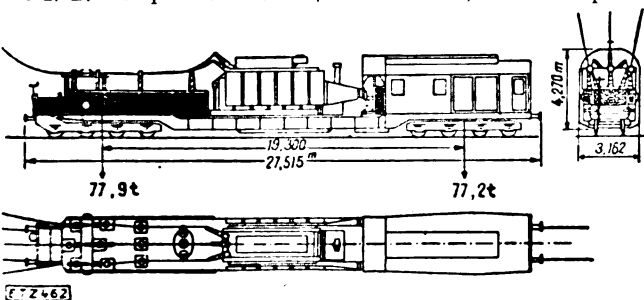


Bild 2. Grund- und Aufriß des fahrbaren Umspannwerkes.

pen und Gleichrichter für zwei 110 V-Akkumulatoren usw., außerdem 3 Kontroll- und Schalttafeln für 90 kV, 45 kV, 15 kV, 5 kV und 3 kV.

Beim Ausfall örtlicher Umspannwerke soll das fahrbare Umspannwerk innerhalb von 24 bis äußerstenfalls 48 h (einschl. Anfahrt) am Ort der Störung in Betrieb genommen werden können, wobei lediglich die Herstellung der Primär- und Sekundäranschlüsse erforderlich ist. Die Anlage kam erstmals im Winter 1946/47 und auch 1947/48 in Betrieb; sie wurde der Electricité de France für das Umspannwerk Chantenay (am Unterlauf der Loire gelegen) ausgeliehen. Seitdem wurde sie an verschiedenen anderen Stellen mit Erfolg eingesetzt.

Fahrbare Umspannwerke ähnlicher Art werden bekanntlich bei der Deutschen Bundesbahn ebenfalls verwendet.

Scho

DK 621.316.91 : 621.316.99

**Geoelektrische Untersuchungen in der Blitzschutztechnik.** [Nach V. Fritsch: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 67 (1950) S. 142; 6 S., 12 B.]

Die Blitzschäden sind zur Zeit in Österreich sehr hoch. Nach statistischen Erhebungen der Dozentur für Geoelektrik und Blitzschutz an der T. H. in Wien liegen sie ungefähr doppelt so hoch als es dem Reichsdurchschnitt vom Jahre 1938/39 entspricht. Beim Vergleich mit dem benachbarten Bayern fällt dieses Verhältnis (2,8 : 1) noch ungünstiger aus. Aus diesem Grunde ist man zur Zeit bestrebt, das Blitzschutzwesen energisch zu reorganisieren. Die meisten bestehenden Blitzschutzanlagen versagen wegen ihrer schlechten Erdung. Daher ist man zur Zeit besonders bestrebt, das Erdproblem zu behandeln. Am wirtschaftlichsten sind die horizontal verlegten Draht- und Bänderer. Als „Wirtschaftsfaktor“ einer Erdung wird die ohmsche Ausbreitungsleitfähigkeit des Erders in Siemens für die Tonne des verlegten Erdermaterials definiert. Mit abnehmender Bodenleitfähigkeit nimmt dieser Faktor rasch ab. Kurze Erder sind wirtschaftlicher als lange. Daher ist der Gruppen-erder einem langen Einzelerder vorzuziehen.

Die Bodenleitfähigkeitsverhältnisse sind in Österreich sehr verschieden. Im Bereiche von Wien, im Inntal und an der bayrischen Grenze (Karwendel) wurden Paralleluntersuchungen ausgeführt. Während in Wien in 93% aller Erderuntersuchungen Bodenschichten von weniger als 100  $\Omega$  m spezifischen Widerstandes festgestellt wurden, betrug dieser Anteil im Inntal nur 56% und im Karwendel 10%.

Da der Blitz bekanntlich eine Stoßentladung darstellt, so ist nicht allein der ohmsche Ausbreitungswiderstand des Erders für die Ableitung bestimmend. Wenn die Scheitelstromstärke  $I_0$  A (in Österreich wird  $I_0 = 30000$  A angenommen) beträgt, so tritt zwischen dem Eingangspunkt des Erders und dem (unendlich weit entfernten) Erdpunkt die Spannung  $U_E = I_0 R_{EW}$  auf.  $R_{EW}$  ist dann der „wirksame Widerstand“ des Erders. Dieser wurde für den Normalblitz ( $I_0 = 30000$  A, Stirnzeitdauer = 0,5  $\mu$ s und Halbwertdauer = 50  $\mu$ s) berechnet. Wenn  $R_E$  der ohmsche Ausbreitungswiderstand in Ohm und  $L_E$  die Selbstinduktion eines horizontal im Boden eingegrabenen Drahterders in Henry ist, so wird  $R_{EW} = R_E + aL_E$ . Der Wert  $a$  wird so berechnet, daß man den Erder durch eine Kette von  $n$   $\pi$ -Gliedern ersetzt. Es wird dann z. B. ( $\beta = (R_E/L_E) 10^{-9}$ ).

$$n = 2 : a = 5 (1 - e^{-2\beta}) 10^5.$$

$$n = 3 : a = (5,5 - 5 e^{-3\beta} - 0,55 e^{-9\beta}) 10^5 \text{ usw.}$$

Mit zunehmendem  $n$  nähert sich dann  $a$  einem Grenzwert und damit kann man  $R_{EW}$  berechnen<sup>1</sup>. Zur Ermittlung von  $L_E$  sind hochfrequente Meßgeräte nötig. Es wird ein leicht zu bedienendes Gerät beschrieben, das aus einer Niederfrequenzmessung ( $R_E$ ) und einer Hochfrequenzmessung mit einer Eichtafel den wirksamen Widerstand  $R_{EW}$  bestimmen kann. Mit diesem Gerät wurden mehrere hundert Messungen an österreichischen Leitungsmasten durchgeführt. *Fl*

<sup>1</sup> Seit dieser Veröffentlichung wurde eine einfache Näherungsberechnung dieses Wertes abgeleitet, die demnächst veröffentlicht werden wird.

DK 621.316.977

**Bezeichnung und Betriebsweise von Überspannungsableitern.** [Nach H. F. Jones u. C. J. O. Garrard: Proc. Instn. electr. Engrs. II 97 (1950) S. 365; 24 S., 22 B.]

Die Arbeit beschreibt Aufbau und Wirkungsweise von Überspannungsableitern und empfiehlt Normen für die Kennwerte von Ableitern. Ferner werden die Prüfverfahren für Ableiter, deren Einbau und Wartung besprochen. Unter Ableiter verstehen die Verfasser eine Anordnung, die im wesentlichen aus Funkenstrecke und nichtlinearem Widerstand besteht. Unter Überschlag (sparkover) wird eine Entladung zwischen Elektroden verstanden; demgegenüber bedeutet Überschlag (flashover) eine Entladung über die Oberfläche eines Isolators.

**Gewitterüberspannungen auf Leitungen.** — Die Wellenform von Blitzströmen aus direkten Blitzschlägen liegt zwischen  $1,5 | 2,5 \mu\text{s}$  und  $10 | 50 \mu\text{s}$ . Stromsteilheiten bis zu  $45 \text{ kA}/\mu\text{s}$  wurden gemessen. Als Mittelwert wird  $5 \text{ kA}/\mu\text{s}$  angesehen. Die Ladung in einem Blitzschlag wird von  $0,05 \text{ C}$  bis über  $300 \text{ C}$  geschätzt. Der Energieinhalt ist noch umstritten; die Schätzungen gehen von  $4 \text{ kWh}$  bis zu  $5000 \text{ kWh}$ . Nach neueren Untersuchungen ist zu unterscheiden zwischen Blitzströmen mit einem sehr hohen Scheitelwert, die bis zu  $100 \mu\text{s}$  dauern, und solchen mit sehr niedrigem Strom, die aber Tausende von  $\mu\text{s}$  andauern. Der Energieinhalt der langdauernden Blitzströme ist sehr viel größer und kann eine größere Wärmewirkung auf die nichtlinearen Widerstände der Ableiter ausüben.

Für die Normung werden 3 Klassen vorgeschlagen:

- Ländliche Klasse (rural class) — bestimmt für den Schutz ländlicher Verteilungsnetze bis  $33 \text{ kV}$ ,
- Leitungsklasse (line class) für den Schutz wichtiger Leitungen oder in gewitterreichen Gegenden für Spannungen bis  $66 \text{ kV}$ ,
- Stationsklasse (stations class) für den Schutz von Stationen jeder Spannung.

Bei den vorgeschlagenen Prüfungen ist die beschleunigte Witterungsprüfung beachtlich. Um die Wasserdichtigkeit des Gehäuses zu prüfen, soll der Ableiter unter schwersten Bedingungen abwechselnd erwärmt und abgekühlt werden. Danach ist die Stehspannungsprüfung zu wiederholen. Der Isolationswiderstand soll nicht unter  $10\,000 \text{ M}\Omega$  bei  $5 \text{ kV}$  sinken.

**Einbau der Ableiter.** — Der wirksamste Stationsschutz besteht in der Verwendung eines Erdseiles bis auf wenigstens  $750 \text{ m}$  vor der Station gegen direkte Einschläge und im Einbau von Ableitern in der Station. Generatoren, die unmittelbar auf ein Freileitungsnetz arbeiten, erfordern einen Schutz der Isolation gegen Erde und der Isolation von Windung zu Windung. Vorgeschlagen werden neben Erdseilen Ableiter  $800 \text{ m}$  vor der Station. Zum Schutz der Windungsisolation sollen an den Klemmen des Generators Kondensatoren zur Abflachung der Wellenstirn eingebaut werden. Parallel zu den Kondensatoren sind Ableiter einzusetzen. Die Ableiter an den Maschinen müssen eine niedrigere Ansprechspannung haben als die Leitungsableiter.

**Erdung.** — Die Wirksamkeit der Ableiter ist sehr von einer guten Erdung abhängig. Der Erdübergangswiderstand sollte  $0,2 \Omega$  je  $\text{kV}$  Leitungsspannung nicht überschreiten (bei  $10 \text{ kV}$  also  $2 \Omega$ , bei  $15 \text{ kV}$   $3 \Omega$ ). Bei sehr wichtigen Stationen sollte man  $0,5 \Omega$  zu erreichen suchen. In USA wird häufig die Ableitererde mit dem Kessel des Transformators und dem Mittelpunkt der Niederspannungsseite verbunden, um den Einfluß des Spannungsabfalles am Erder zu verringern. Bei dieser Anordnung erhält allerdings die Unterspannungswicklung während des Durchganges eines Stoßstromes eine hohe Spannung. Wenn diese Verbindung nicht durchgeführt wird (in England und Deutschland üblich), dann kann die erhöhte Spannung die Isolation gegen Erde beschädigen und gefährliche Spannungserhöhungen in der Niederspannungswicklung hervorrufen. Als Kompromiß kann man Trafogehäuse und Sternpunkt der Niederspannungswicklung über niedrig eingestellte Funkenstrecken mit der Ableitererde verbinden.

**Betriebsprüfungen** der eingebauten Ableiter werden für notwendig gehalten. Die häufigste Ursache von Ableiterbeschädigungen ist eingedrungene Feuchtigkeit. Man prüft den Isolationswiderstand des Ableiters, der wenigstens  $10\,000 \text{ M}\Omega$  betragen soll. Auch die Prüfung der Wechselansprechspannung wird empfohlen. — Diese Prüfungen können nur nach Ausbau der Ableiter im Laboratorium vorgenommen werden; zur Vermeidung dieser Umständlichkeit wird vorgeschlagen, eine besondere Widerstandsscheibe in

einem Gehäuse eingebaut dem Ableiter vorzuschalten und diese Scheibe allein periodisch im Laboratorium nachzuprüfen.

Die Erfahrungen decken sich im allgemeinen mit den deutschen, insbesondere bezüglich der Notwendigkeit, die Ableitergehäuse wirksam gegen Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen.

Ca

DK 621.311 : 621.182.261 : 629.114.1

**Neuartige Bedienung von Kohlenlagerplätzen.** [Nach W. Franke: Z. VDI 92 (1950) S. 841; 3 S., 6 B.]

In den USA werden die kostspieligen und Raum verschwendenden Lagerplatzbrücken auf Kohlenlagerplätzen allmählich durch ein bewährtes Schlepperverfahren verdrängt. Das hierzu erforderliche Fördergerät — im Bauwesen seit langem bekannt und technisch hoch entwickelt — ist der Schürfkübelwagen in Verbindung mit einem Raupenschlepper. Der luftbereifte Schürfkübelwagen faßt rd.  $10 \text{ m}^3$  Kohle und dient zum Transport der Kohle vom Verteilungszentrum zum Lagerplatz, oder zur Wiederaufnahme der Kohle zur Rückverladung. Der Raupenschlepper wird zur Fortbewegung des angehängten Schürfkübelwagens, gleichzeitig aber auch allein zum Zusammenwalzen und Planieren der Kohle am Lagerplatz verwandt. Einen solchen „Schlepperzug“ zeigt Bild 3. Der Schürfkübelwagen wird durch einfaches Öffnen der mit Schneiden versehenen Klappen unterhalb des Wagens und Vorwärtsbewegung gefüllt.

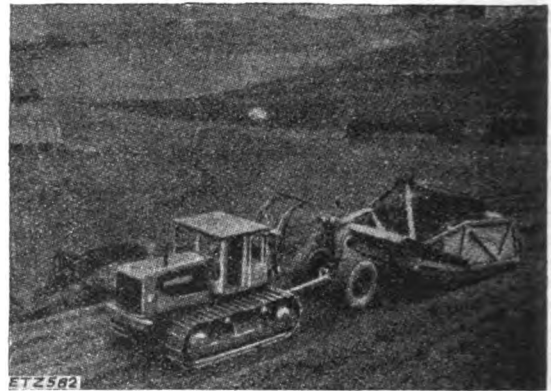


Bild 3. Schlepperzug, bestehend aus einem Raupenschlepper mit angehängtem Schürfkübelwagen, auf einem amerikanischen Kohlenlagerplatz.

Die vielen Vorteile dieser Methode seien kurz skizziert: 1. Keine Hubbewegungen, da Förderung nur in der waagerechten. Der Förderweg ist immer die kürzeste Verbindung zwischen Aufnahme- und Abgabestelle. 2. Der Lagerplatz kann jede beliebige Gestalt haben und sogar aus getrennt liegenden Teilen bestehen, da der Schlepperzug schnell in allen Richtungen fahren kann. 3. Wegfall der Lagerplatzbrücken mit ihren Fahrbahnen und kostspieligen Fundamenten, besonders bei Uferbefestigungen. 4. Weitgehende Vermeidung von Selbstentzündung der Kohle durch starkes Zusammenpressen und damit Verkleinerung der Luftzwischenräume.

Die Förderleistung wird bei einer direkten Förderstrecke bis zu  $200 \text{ m}$  mit etwa  $70 \text{ t/h}$  angegeben. Das Verfahren hat sich in USA in zahlreichen Kraftwerken mit Aufnahmefähigkeit von  $3000 \dots 900\,000 \text{ t}$  Kohle wegen seiner bestechenden Vorzüge rasch eingebürgert und dürfte auch für europäische Verhältnisse wirtschaftlich sein.

Pj

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.1.045.001.02

**Spannungsproben an Maschinenwicklungen im Betrieb.** [Nach R. W. Wieseman: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 24;  $4\frac{1}{4}$  S., 3 B.]

Die Überspannungsproben für die Wicklungen fabrikneuer Maschinen sind in allen großen Industrieländern seit Jahren festgelegt; die Frage hingegen, welche Spannung bei einer Probe an einer im Betriebe stehenden Maschine zweckmäßig ist, war bisher ziemlich offen gelassen. Eine allgemeine Regelung ist wohl auch nicht ratsam, weil die Betriebsbedingungen am Arbeitsort zu verschieden sind. Es können nur Richtlinien aufgestellt werden, die einerseits einen ausreichenden Schutz des Bedienungspersonals sichern, aber andererseits die Wicklungsisolation nicht unnötig be-

anspruchen. Der Verfasser hat diese Frage jahrelang gründlich untersucht und bespricht die für ihre Beurteilung wichtigen Gesichtspunkte. Er kommt zu den nachstehenden Vorschlägen:

1. Prüfspannungen für Ständer- und Ankerwicklungen im Betrieb stehender Maschinen.

Nach Revision, Reinigung und Trocknung. Dauer 1 min.

	eff. Wechselspg.	Gleichsp.
Probe 1)	1 1/2 U ± 600	2 U ± 1000
Probe 2)	1 1/4 U ± 500	1 7/8 U ± 800
Probe 3)	1 1/4 U ± 400	1 3/4 U ± 600

U = Netzspannung.

Probe 1: Bei Überholung der Anlage; vor etwaiger Reparatur.

Probe 2: Bei Überholung der Anlage; nach etwaiger Reparatur.

Probe 3: Gelegentliche Proben an im Betriebe stehenden Maschinen (Tauglichkeits-Feststellung).

Nach Prüfung mit Gleichspannung müssen die Wicklungen vollkommen (durch Erdung) entladen werden.

2. Prüfspannungen für Feldwicklungen im Betrieb stehender Maschinen.

Nach Revision, Reinigung und Trocknung. Dauer 1 min.

Maschinenart:	Feldspannung	eff. Wechselspg.
Synchrongenerator	125 V	1000 V
Synchrongenerator	250 V	1500 V
Synchromotor		1500 V
Einankerumformer		1500 V

Gleichstrommaschinen: wie Anker gleicher Spannung. Die Temperatur der Wicklung soll zwischen 40 °C und der Raumtemperatur liegen.

Diese Vorschläge sind als Richtlinien anzusehen, die etwaigen anomalen örtlichen Betriebsbedingungen anzupassen sind. Der Verfasser bringt ferner eine Tafel über die Scheinleistungsaufnahme von Ständerwicklungen für 13,8 kV, 50 Hz, Isolationsklasse B, bei 25 °C, einer Prüfspannung von 9 kV eff. und 60 Hz für 2,5 ... 100 MVA, 100 ... 3600 U/min.

Ka

DK 621.313.333.016.1

Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren beim Anlauf. [Nach E. M. Sinelnikow u. G. S. Somichina: Elektrischestwo (1950) H. 7, S. 48; 6 S., 11 B.]

Das Anlaufdrehmoment kann auf zweierlei Weise gemessen werden: entweder wird der Motor beim Stillstand der bei konstant gehaltener Drehzahl gebremst und dann das Bremsmoment ermittelt, oder es wird die Winkelbeschleunigung bei bekanntem Trägheitsmoment gemessen und daraus das Drehmoment berechnet. Die erste Methode hat den Nachteil, daß sich dabei der Motor übermäßig erwärmt. Mit der Erwärmung ändert sich auch die zu messende Drehmomentenkurve. Die übermäßige Erwärmung gefährdet den Motor. Um einen großen Motor abzubremsen, braucht man leistungsstarke Bremsgeneratoren, die nicht für alle Leistungen verwendbar sind. — Am anlaufenden Motor kann man das Drehmoment feststellen: 1. durch Messung der Kräfte an der Welle mittels Übertragung des Verdrehungswinkels an zwei Punkte der Welle auf eine veränderliche elektrische Größe (Widerstand, Kapazität, Induktivität, magn. Leitwert u. a.); 2. durch Aufnahme der Drehzahlkennlinie (abhängig von der Zeit), die anschließend graph. oder mechanisch differenziert wird, um die Beschleunigung zu erhalten.

Weil die Verdrehung der Welle gering ist, ist auch die Messung schwierig, erfordert Verstärkereinrichtungen, ist stark abhängig von Schmutz, Temperatur, Vibrationen und dgl. und verlangt komplizierte Geber. Für die Aufnahme der Drehzahlkennlinie ist es üblich, einen kleinen Gleichstromgenerator zu verwenden, der mit dem anlaufenden Motor gekuppelt ist und dessen Spannung über die Drehzahl proportional ist. Wird diese Spannung über eine Oszillographenschleife an einen Kondensator angelegt, so zeigt die Schleife bekanntlich unmittelbar die Beschleunigung an. Der Nachteil dieser Messung liegt im Einfluß der Übergangswiderstände des Kollektors, besonders bei kleinen Drehzahlen, sowie im Einfluß zusätzlicher Pulsation der Spannung. Daran wird auch nichts geändert dadurch, daß die Oszillographenschleife in den Sekundärkreis einer Gegeninduktivität gelegt wird oder daß mechanisch differenziert wird durch Drehung einer Spule im Felde einer anderen Spule.

Bei Anwendung eines Unipolargenerators sind die Spannungen so klein, daß man ohne komplizierten Gleichstromverstärker nicht auskommt.

Am Lehrstuhl für elektrische Maschinen des Moskauer Instituts für Energie „Molotow“ wurde 1945/47 unter der Leitung von Prof. G. N. Petrov ein neues Meßgerät ausgearbeitet. Es verwendet einen Stator mit zwei Wicklungen, deren Achsen senkrecht aufeinanderstehen (etwa eine Drehfeldwicklung und die Reihenschaltung der beiden anderen). Der Rotor besteht aus einem Hohlzylinder aus Bronze oder Kupfer. Innerhalb des Rotors befindet sich ein ruhender Eisenkern. Die eine der beiden Statorwicklungen wird mit Gleichstrom erregt. Wird der Rotor von dem zu untersuchenden Motor angetrieben, so entstehen in ihm Wirbelströme, die insgesamt ein Feld erzeugen, dessen Achse in die Achse der 2. Statorwicklung fällt und dessen Stärke proportional der Drehzahl des Rotors ist. Ändert sich die Stärke des Feldes, so entsteht in der 2. Statorwicklung eine Spannung, die der Feldänderung, d. h. auch der Drehzahländerung bzw. der Beschleunigung proportional ist. Um Ungleichmäßigkeiten auszugleichen und die Anlaufzeit zu erhöhen, wird der anlaufende Motor mit einer zusätzlichen Schwungmasse gekuppelt, deren Trägheitsmoment bekannt ist. Die Spannung zeigt eine höchstempfindliche Oszillographenschleife an, deren Trägheit so groß ist, daß sie auf Schwingungen mit der Frequenz 50 Hz noch nicht anspricht. Einige Oszillogramme zeigen die Brauchbarkeit des Verfahrens. Ein Oszillogramm läßt deutlich eine durch Oberschwingungen hervorgerufene Absenkung der Momentenkurve nach dem ersten Anlauf erkennen.

Lu

## Kondensatoren

DK 621.315.614.61.015.5

Berechnung der elektrischen Festigkeit von ungetränktem Kondensatorpapier. [Nach W. T. Renne: Elektrischestwo (1950) H. 5, S. 16; 3 S., 4 B.]

Ungetränktes Papier kann elektrisch als geschichtetes Material aus Luft und Zellulose aufgefaßt werden. Der Anteil der Luft läßt sich aus der Dichte des Papiers  $\gamma$  im Vergleich zur Dichte der Zellulose ( $\gamma_z = 1,55 \text{ g/cm}^3$ ) ermitteln. Die Spannung am Papier verteilt sich entsprechend den Kapazitäten der Zelluloseschichten ( $\epsilon_z = 7$ ) und der Luftschichten ( $\epsilon = 1$ ). Bezeichnet man die Spannung an den Luftschichten mit  $U_1$ , an der Zellulose mit  $U_z$ , so ist die Spannung am Papier  $U$ :

$$U = U_1 + U_z = U_1 \left( 1 + \frac{\gamma}{\epsilon_z (\gamma_k - \gamma)} \right).$$

Die Durchbruchspannung in Luft  $U_{dl}$  sinkt mit dünner werdender Luftschicht, unterschreitet jedoch nicht den Mindestwert von etwa 200 ... 400 V. Nimmt man deshalb einen konstanten Wert von  $U_{dl} = 250 \text{ V}$  an, so kommt man zu einer recht brauchbaren Näherung für die Durchbruchspannung des Papiers  $U_{dp}$

$$U_{dp} = U_{dl} \left( 1 + \frac{\gamma}{\epsilon_z (\gamma_k - \gamma)} \right).$$

Hat das Papier die Dicke  $D$ , so ergibt sich eine mittlere Durchbruchfeldstärke des Papiers von

$$E_{dp} = \frac{U_{dp}}{D} \left[ 1 + \frac{\gamma}{\epsilon_z (\gamma_k - \gamma)} \right].$$

Messungen an Kondensatorpapier von  $D = 0,01 \text{ mm}$  und verschiedener Dichte ( $\gamma_p = 0,9 \dots 1,3 \text{ g/cm}^3$ ) bzw. mit  $\gamma_p = 1$  und verschiedener Dicke ( $D = 0,007 \dots 0,024 \text{ mm}$ ) zeigten eine gute Übereinstimmung mit den berechneten Werten. Nimmt man an, daß die Luft- und Zelluloseschichten im Papier nach dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit zwischen den Grenzwerten „nur Luft“ und „nur Zellulose“ verteilt sind, so muß die Durchschlagspannung zwischen den Werten für Luft ( $U_{dl} = 250 \text{ V}$ ) und für Zellulose (entsprechend etwa  $E_{dz} = 50 \text{ kV/mm}$ ) streuen.

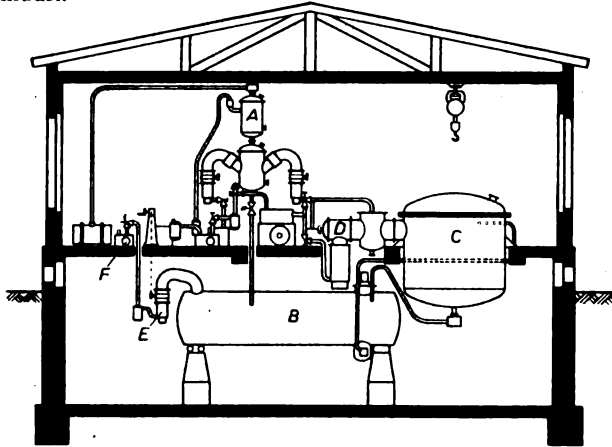
Versuchsergebnisse zeigten eine weitgehende Übereinstimmung für das wahrscheinliche Auftreten einer bestimmten Durchschlagspannung bei einer großen Zahl von Prüfungen. Es traten allerdings einige wenige Durchschläge bei noch geringeren Spannungen auf, die vielleicht durch leitende Einschlüsse im Papier verursacht waren.

Lu



DK 621.319.4.002,2

**Hochvakuum-Imprägnieranlage für Kondensatoren.** — Eine neuartige Imprägnieranlage für Kondensatoren ermöglicht die Vorbehandlung des aktiven Kondensatormaterials bei einem Druck von weniger als  $10^{-3}$  Torr vorzunehmen, wodurch erstmalig eine restlose Entgasung und Entfeuchtung durchgeführt werden kann<sup>1</sup>. Diese Evakuieranlage besteht im wesentlichen aus drei Teilen, dem mit Kondensatoren beschickten Vorbehandlungs- und Tränkkessel, der Entgasungsstufe für das Imprägniermittel (im vorliegenden Falle Clophen) und einem ebenfalls unter Hochvakuum stehenden Vorratskessel, in den das Clophen nach der Entgasung hineinläuft.

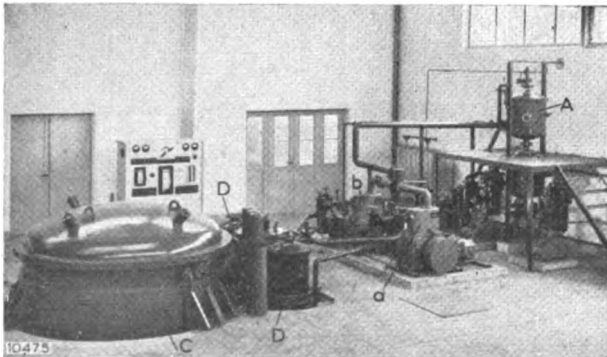


ETZ 648  
Bild 1. Schema der Hochvakuum-Imprägnieranlage.

Der Tränkkessel wird mit Hilfe von Gasballastpumpen bis auf einen Druck von einigen  $10^{-2}$  Torr vorevakuert, alsdann aber nach einer Ventilschaltung durch sehr leistungsfähige Treibdampfmaschinen (Booster) restlos entgast. Bei dem zuerst in Betrieb genommenen Kessel, der einen Inhalt von  $10\text{ m}^3$  hat, sind zwei derartige Diffusionspumpen angeordnet, die zusammen eine Saugleistung von  $5\text{ m}^3/\text{s}$  aufweisen. Bei dieser Saugleistung ist es gelungen, ein Endvakuum von sogar  $5 \dots 6 \cdot 10^{-5}$  Torr an diesem Kessel aufrecht zu erhalten.

Der Imprägnierbehälter besitzt im Innern in drei Etagen angeordnete Heizschlangenroste zur Aufnahme der Kondensatoren, die ebenso wie der Mantel des Kessels während des Trocknungsprozesses mit Heißwasser beschickt werden.

Die Entgasungsstufe für das Tränkgut besteht aus zwei Teilen, der Vor- und einer Nachentgasungsstufe. Während die Vorstufe durch leistungsfähige Gasballastpumpen evakuiert wird, wird in der Nachentgasungsstufe durch Diffusionspumpen das gleiche Hochvakuum wie im Tränkkessel erzeugt. Auch das Vakuum im Clophen-Vorratsbehälter wird durch eine Diffusionspumpe auf einem Druck von  $10^{-3}$  Torr oder weniger gehalten.



ETZ 649  
A Entgasungsstufe für Clophen, C Imprägnierbehälter, D Booster mit Ventilen, a und b Gasballastpumpen  
Bild 2. Ansicht der Hochvakuum-Imprägnieranlage.

Bild 1 zeigt das Gesamtschema einer solchen Hochvakuumimprägnieranlage für Kondensatoren und Bild 2 gibt die äußere Ansicht der kürzlich in Honnef in Betrieb genommenen Anlage<sup>2</sup> wieder.

<sup>1</sup> s. a. ETZ 72 (1951) H. 9, S. 281 und Der Elektrotechniker 2 (1950) S. 297.

<sup>2</sup> Gemeinschaftsarbeit der Firmen E. Leybold's Nachf., Köln und August Lepper, Honnef.

Die nach der neuen Fabrikationsmethode hergestellten Kondensatoren bedeuten einen Fortschritt hinsichtlich der Erreichung von Verlustfaktor und Durchschlagsfestigkeit und Dielektrikums, über die im Heft 11 dieser Zeitschrift ausführlich berichtet werden soll. Hh

**Meßgeräte und Meßverfahren**

DK 531.70

**Druckmessung im Hochvakuum.** [Nach Electr. Engng. (1950) S. 809.]

Bei der Westinghouse Electric Co. ist ein Verfahren entwickelt worden, mit dem die Annäherung an ein vollkommenes Vakuum mittels eines elektronischen Druckmessers genau bestimmt werden kann. Einzelheiten sind nicht angegeben, doch soll das Gerät etwa 200mal so empfindlich sein, wie die bisher bekannten. Man kann Luft in einem Vakuum abdecken, in dem nur ein Luftmolekül von  $10^{13}$  geblieben ist.

Das Meßgerät ähnelt einer großen Rundfunkröhre und ist mit dem System, in dem das Vakuum bestimmt werden soll, verschmolzen. Innerhalb dieser Röhre werden Elektronen in das Vakuum geschossen. Diese Elektronen stoßen auf ihrer Bahn mit Luftmolekülen zusammen und bilden positive Ionen. Man hat ein genaues Maß für den Druck innerhalb des evakuierten Systems, wenn man die Anzahl der sekundlich gebildeten Ionen mißt. Das Verfahren dient zur Unterstützung von Forschungsarbeiten an Atomen und Elektronen sowie zur Untersuchung der Strahlung in gasgefüllten Röhren und Elektronenröhren. Wmn

DK 621.317.734 : 621.317

**Direkt anzeigendes Meßinstrument für den Serienwiderstand von Kondensatoren.** [Nach F. Gutmann: J. sci. Instr. 27 (1950) S. 169; 2 S.]

Bei Kondensatoren zur Unterdrückung von Öffnungsfunken an Kontakten oder Kollektoren stören bereits Serienwiderstände von wenigen Ohm erheblich. Zur Messung derartiger, geringer Serienwiderstände war bisher nur eine Resonanzmethode bekannt, wobei der Resonanzstrom in einem Schwingkreis gemessen wurde, der den zu untersuchenden Kondensator enthielt und auf eine vorgegebene Frequenz abgestimmt wurde.

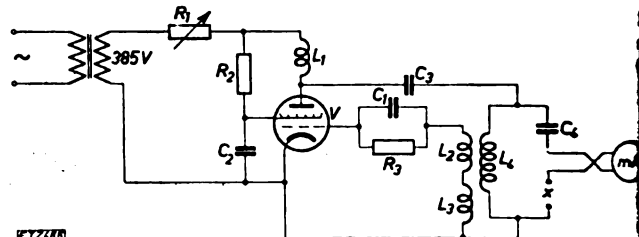


Bild 4. Schaltung des Meßgerätes. Legende im Text.

Das neue Instrument mißt mit einem Thermokreuz-Strommesser den Strom im Anodensperrkreis eines mit Wechselstrom betriebenen Senders. Durch den Widerstand  $R_1$  (Bild 4) wird bei kurz geschlossenen Klemmen x das Instrument auf Vollausschlag geregelt. Der Kondensator  $C_4$  ist so klein, daß der in Reihe liegende, zu untersuchende Kondensator die Meßfrequenz von rd. 1,6 MHz nicht nennenswert verändert. Mit dem geschilderten Instrument können Kapazitäten bis herab zu  $0,01\ \mu\text{F}$  untersucht werden. Der Widerstandsmeßbereich geht bis etwa  $6\ \Omega$ , wobei der erste Teilstrich bei  $0,1\ \Omega$  liegt. Die Meßgenauigkeit wird zu  $\pm 3\%$  angegeben, wobei zweckmäßig die Betriebsspannung durch einen Magnetregler stabilisiert wird. Eu

DK 621.385.5

**Permanentmagnetisches Elektronenmikroskop.** [Nach J. H. Reisner u. S. M. Zollers: Electronics 24 (1951) S. 66 J. sci. Instr. 27 (1950) S. 339.]

Um dem Bedürfnis gerecht zu werden, einfachere und billigere Elektronen-Kleinmikroskope zu bauen, hat die RCA ein Mikroskop mit permanentmagnetischen Linsen entwickelt. Das gesamte Mikroskop ist etwa 80 cm hoch und erlaubt eine direkte 6000fache Vergrößerung, bei lichtoptischer Nachvergrößerung eine rd. 40 000fache. Die Hochspannungsanlage für das Elektronenmikroskop liefert 50 kV bei einer Spannungs Konstanz von  $0,1\%$ . Als Treibstoff für d.



ETZ 581  
Bild 5. Permanentmagnetisches Elektronenmikroskop.

c) der Differential-Impuls-Schutz (ähnlich a), jedoch unter Verwendung von Relaisimpulsen).

Um die Störungen einzuschränken und die Energie wirtschaftlich auszunutzen, wurde der Betrieb mehr und mehr automatisiert. Heute arbeiten 1/3 aller Unterwerke vollautomatisch mit Fernsteuerung und 2/3 halbautomatisch. Das Kabelnetz, das sich von 1935 bis 1938 verdoppelte, mußte 1950 noch einmal erheblich erweitert werden. Sorgen bereiteten die Kabelstrecken mit großem Gefälle, bei denen die Kabelmasse nach unten abfloß. Es wurden deshalb Kabel mit Trockenisolation, Gummikabel, Kabel mit einer Art „Stopfbuchse“ und Kabel mit starker Bewehrung aus verzinktem Draht angewandt. Zweimal im Jahre werden neuerdings alle Kabel durchgeprüft, wodurch sich die Zahl der Kabelschäden erheblich vermindert. Um Korrosionen durch vagabundierende Ströme herabzusetzen, wurde die Isolation der Fahrstienen erhöht (Tränkung der Schwellen, gute Entwässerung des Oberbaus der Gleisanlage). Die Verbindung der Schienen untereinander wurde verbessert (geschweißte Stöße und Querverbindungen). Ein besonderes Meßgerät an einem Wagen ermöglicht die Messung des Widerstandes der Schienenstöße.

Der Eigenverbrauch der Stationen, für den in letzter Zeit Selengleichrichter eingebaut wurden, konnte durch die Anwendung effektvoller Leuchtstoffröhren und verbesserter Antriebe für die Rolltreppen um 13% gesenkt werden. Eine Erweiterung der Leuchtstoffröhren-Beleuchtung ist vorgesehen. — Die Zusammenarbeit mit der Industrie und den technisch-wissenschaftlichen Instituten hat sich sehr vorteilhaft für die U-Bahn ausgewirkt. Auch Verbesserungsvorschläge des Personals führten zu Ersparnissen, die für 5 Jahre auf mehr als 1 Mio. Rubel veranschlagt werden müssen. Lu

### Hochfrequenztechnik

DK 621.397.331.2

**Ladungs-Bildspeicherröhren mit Speichergitter.** [Nach M. Knoll u. J. Bandmer: Arch. elektr. Übertr. 4 (1950) S. 238; 9 S., 5 B.]

Die Arbeit gibt einen Überblick über die Wirkungsweise der verschiedenartigen Ladungsspeicherröhren, die in der Fernseh- und Funkmeßtechnik und in elektronischen Rechenmaschinen verwendet werden. Bei den bekannten Ladungsspeicherröhren wird durch einen modulierten Kathodenstrahl oder durch lichtelektrischen Effekt auf einer Mosaik- oder Elektrode, die eine feine Verteilung mikroskopisch kleiner Elementarkondensatoren enthält, ein negatives oder positives Ladungsbild „aufgeschrieben“ und anschließend durch einen unmodulierten Kathodenstrahl wieder „abgelesen“, wobei das Bildsignal durch Entladung der Elementarkondensatoren entsteht. Das Ladungsbild wird beim Ablesevorgang weitgehend eingeebnet, „gelöscht“. Im Gegensatz hierzu wird das Bildsignal beim Lesevorgang in Bildspeicherröhren mit Speichergitter durch Gittersteuerung des Lesestroms ähnlich wie in einer Triode erzeugt, wobei das Ladungsbild des Speichergitters weitgehend erhalten bleibt. Zur Löschung des Ladungsbildes auf der Gitterelektrode ist nach Beendigung des Lesevorgangs ein besonderer Vorgang erforderlich. Im einfachsten Fall besteht ein solches System aus einer elektronenemittierenden Kathodenfläche, vor oder auf der in gleichmäßiger Verteilung kleine speichernde Isolierelemente als „Steuer-gitter“ angebracht sind. Beim Schreibvorgang wird den Isolierteilchen eine negative Ladung aufgeprägt, deren Potential die Elektronenemission in einem von der Höhe der Spannung abhängigen Umkreis um das Teilchen herum verhindert. Zur Berechnung des Durchmessers des gesperrten Emissionsbereiches und der „Triodensteilheit“ der flächenhaft gesteuerten Emission sind Gleichungen angegeben, aus denen sich erkennen läßt, daß die Verhältnisse umso günstiger werden, je kleiner der Teilchenradius und je größer der Bedeckungsfaktor gewählt wird. Für praktisch verwendete Bildschirme sind z. B. Teilchengrößen von  $10^{-3}$  cm bei ungefähren gegenseitigen Abständen  $D = 10 r$  zweckmäßig. Der Bedeckungsfaktor ist dann etwa 3% und der Lesestrom kann zu 97% ausgenutzt werden.

Eine Speicherröhre dieser Art wurde erstmalig von G. Krawinkel von 1939 an in der früheren Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost Berlin entwickelt. Sie diente zur oszillographischen Aufzeichnung einmaliger, kurzzeitiger Vorgänge („Kurzzeit-Oszillograph“). Der Lesevorgang bestand in der elektronenoptischen Abbildung der gittergesteuerten Kathodenfläche auf einen Leuchtschirm, wobei Lesezeiten bis zu 15 min Dauer erzielt wurden.

Für das Schreiben eines Ladungsbildes auf einen Speicherschirm sind vier bzw. fünf Modulationsarten möglich:

Luftpumpen werden Siliconöle verwendet, dadurch haben Luftleinbrüche keine nachteiligen Folgen für die Diffusionspumpen. Deshalb können früher notwendig gewordene Ventile für Platten und Objektwechsel wegfallen. Bei Objektwechseln ist das Mikroskop nach 1,5 min wieder betriebsbereit. Die Objekte werden mit einer Stabschleuse eingeschleust, so daß der Objektwechsel praktisch ohne Zeitverlust möglich ist. Zwei magnetische Linsen werden von dem einzigen rotationssymmetrischen permanenten Magneten gespeist. Durch geeignete Anordnung wird der ständige Streufluß des permanenten Magneten praktisch beseitigt. Für niedrigere Vergrößerungen (1500- und 3000fach) werden die Polschuhe gewechselt. Die Bilder werden durch Änderung der Hochspannung scharf eingestellt. Trotz der höheren Auflösungsgrenze von 100 Å gegenüber rd.

Die Leistungsfähigkeit der Hochleistungsmikroskope soll die Leistungsfähigkeit für 90% der praktisch vorkommenden Fälle ausreichend sein.

RR

### Verkehrstechnik

DK 621.332 : 625.421 (47)

**Die Entwicklung der Energieversorgung bei der Moskauer U-Bahn.** [Nach W. A. Tumanow, W. G. Gurwitsch und E. I. Bykow: Elektritschestwo (1950) H. 7, S. 23; 7 S., 3 B.]

Am 15. 5. 1935 wurde die erste Strecke der Moskauer U-Bahn in Betrieb genommen. In der ersten Zeit verkehrten stündlich 12 Paar 4-Wagen-Züge. Schon nach einem Jahre waren 16 Paar 6-Wagen-Züge notwendig. Das erforderte eine erhebliche Vergrößerung der elektrischen Anlagen, die zu einem beträchtlichen Teil vom eigenen Personal der U-Bahn durchgeführt wurde. Die Energie wird der U-Bahn vom Elektrizitätswerk „Mosenergo“ der Stadt Moskau geliefert. Der Wechselstrom wird durch Quecksilberdampf-Gleichrichter aus Metall in Gleichstrom umgeformt. Diese Gleichrichter wurden im Laufe der Jahre mehrfach geändert. Die Anoden erhielten eine andere Form, die Kühlung wurde verbessert (destilliertes Wasser als Kühlmittel). Die großen Umschalter in den Unterwerken der U-Bahn wurden durch ölarme Schnellschalter ersetzt. Während der Schutz gegen Kurzschlüsse im Wechselstromnetz einwandfrei arbeitete, ergaben sich im Gleichstromnetz immer wieder Schwierigkeiten. Die stoßweise Belastung beim Anfahren der Züge ist vielfach größer als diejenige, die beim Kurzschluß eines Einleiter-Gleichstromkabels auftritt. Um Kurzschlüsse rechtzeitig zu erkennen und abzuschalten, wurden 3 Schutzsysteme probeweise eingeführt:

- a) der Differentialstromschutz (Unterschied der Größe des Stromes am Anfang und Ende des Kabels),
- b) der Potentialstromschutz (Spannung zwischen Bleimantel und davon isolierter Bewehrung des Kabels),

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 56 (1935) S. 14.

Primärstrom - Modulation Primärspannungs - Modulation, Rückplatten- und Kollektor-Modulation sowie Modulation durch lichtelektrischen Effekt. Das gespeicherte Ladungsbild kann im wesentlichen auf zwei verschiedene Arten abgelesen werden: Nach dem bekannten „Kapazitätsentladungs-Verfahren“ oder nach dem „Gittersteuerungs-Verfahren“.

Zur Nachprüfung der Empfindlichkeiten von Großflächenkathoden mit aufliegenden Speicher-Punktstrahlern haben die Verfasser Versuche an zerlegbaren Bildspeicherröhren durchgeführt. Unter den Verhältnissen einer Bildwandler-Bildabtaströhre ergaben sich hierbei als minimale Schreibstromdichten für eine Molybdän-Sekundäremissionskathode mit MgO-Pulver-Aufstäubung von  $10^{-7}$  A/cm<sup>2</sup> Schirmfläche und für eine mit Cu-Pulver bestreute KCI-SE-Kathodenfläche  $10^{-9}$  A/cm<sup>2</sup>. Diese Werte sind von der Größenordnung der empfindlichsten bekanntgewordenen Bildwandler-Bildabtaströhren. Sie stellen jedoch noch nicht das Optimum dar. — Ein umfangreiches Schriftumsverzeichnis gibt dem Leser der Arbeit wertvolle Hinweise. Böd

DK 534.232 — 8 : 62

**Technische Ultraschallgeber.** [Nach E. Crawford: Electron. Engng. 23 (1951) S. 12; 7. S., 13. B. Ferner Prospekte d. Fa. Mullard, London.]

Die Fa. Mullard<sup>1</sup> hat einen piezoelektrischen Ultraschallgeber für technische Zwecke entwickelt, der sich dadurch von den bisher üblichen Bauformen auszeichnet, daß sich der Quarz nicht in einem Ölbad befindet, sondern in einem luftgefüllten Gehäuse. Die erforderliche hohe Überschlagsfestigkeit gegen die hochfrequente Hochspannung, die bis zu 10 kV beträgt, wurde durch geeignete Form der Halterung erreicht. Bild 6 zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Anordnung; die äußere Ansicht des Schallgebers ist in Bild 7 wiedergegeben. Die Schall abstrahlende Quarzfläche liegt frei; der Schallgeber wird mit seinem wasserdichten Gehäuse in den Behälter mit der zu beschallenden Flüssigkeit eingesetzt.

- 1 Gummidichtung
- 2 Quarzkristall
- 3 abnehmbare Kappe
- 4 Metallgehäuse
- 5 Fassung
- 6 koax. Anschlußkabel

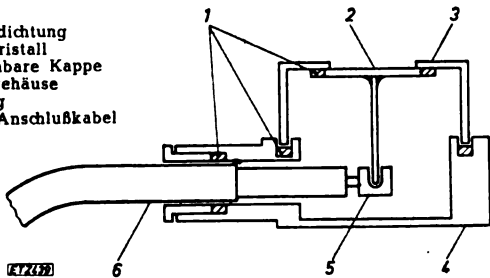


Bild 6. Ultraschallgeber, Schnitt.

Das Gerät wird mit auswechselbaren Quarz-Einsätzen für 4 Frequenzen geliefert; der Generator ist mit entsprechenden auswechselbaren Spulensätzen ausgerüstet. Für die handelsübliche Ausführung wird die an Wasser abgegebene Ultraschalleistung mit 600 W bei 2 MHz, 300 W bei 1 MHz, 200 W bei 0,5 MHz und 50 W bei 0,25 MHz angegeben; die strahlende Fläche des Quarzes beträgt etwa 10 cm<sup>2</sup>.

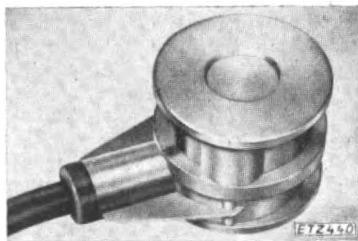


Bild 7. Ansicht des Ultraschallgebers.

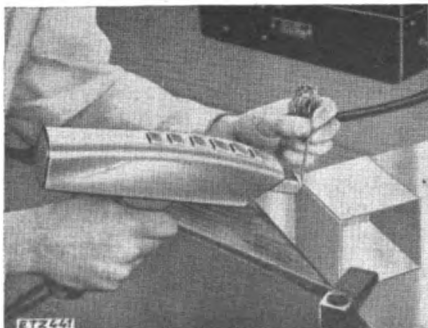


Bild 8. Ultraschall-LötKolben.

<sup>1</sup> Mullard Electronic Products Ltd., Shaftesbury Ave., London W. C. 2.

Von der gleichen Firma wird neben einem magnetostriktiven Ultraschallerzeuger, der nichts wesentlich Neues darstellt, ein Ultraschall-LötKolben hergestellt. Er eignet sich zum Löten von Aluminium u. dgl.; die störende Oxydschicht wird durch Ultraschall laufend zerstört. Bei diesem LötKolben ist auf die Rückseite eines elektrisch beheizten Kupferkolbens ein magnetostruktiver Schallgeber aufgesetzt, so daß der ganze Kolben wie ein gewöhnlicher LötKolben gehandhabt werden kann. Bild 8 zeigt ein solches Gerät im Betrieb; die kompakte handliche Form ist gegenüber den bisher bekannt gewordenen Versuchsmodellen bemerkenswert. Sd

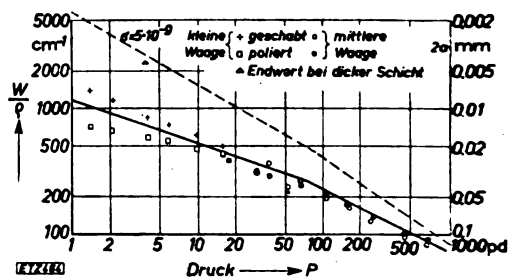
Kontakte

DK 537.312

**Kontaktwiderstand in Abhängigkeit von der Kontaktlast** [Nach E. Kappler, E. Ruchardt und R. Schläffer: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 313; 7 S., 17 B.]

In der Arbeit wird der Einfluß der Kontaktlast auf den Übergangswiderstand untersucht und hierbei insbesondere der Anteil von Fremdschichten ermittelt. Die Messungen geschehen an gekreuzten Drähten, weil man hier mit einer Übergangsfläche bestimmten Charakters rechnen kann, was bei anders geformten Stücken selten der Fall ist. Der Widerstand abhängig von der Kontaktlast im elastischen und plastischen Bereich, wird auf Grund der Arbeiten von Holm und Hertz berechnet. Als Funktion der Last  $P$ , im doppellogarithmischen Maßstab aufgetragen, ergibt sich im elastischen Bereich eine Gerade mit der Neigung  $-\frac{1}{2}$ , im plastischen eine solche mit der Neigung  $-\frac{1}{3}$ . In Wirklichkeit zeigt kein scharfer Knickpunkt in dem resultierenden Linienzug, da sich der Druck in der belasteten Fläche ungleichmäßig verteilt. Im Übergangsgebiet ist also ein Teil der Fläche elastisch, ein Teil plastisch verformt. Zunächst wurden die Kurven durch Messungen an gereinigten Drähten nachgeprüft, um so die auch bei Edelmetallen erfahrungsgemäß bei Lagerung an Luft vorhandenen dünnen Fremdschichten zu beseitigen. Messungen z. B. an reinmetallischem Silber ergaben Werte, die dem theoretischen Verlauf voll entsprechen. Abweichungen sind im wesentlichen dadurch zu erklären, daß die glatte zylindrische Oberfläche durch das Reinigungsverfahren nicht mehr die exakte Form hat.

Die Erhöhung der nach der Theorie festgestellten Werte ergab nun ein Maß für die Widerstände etwa vorhandener Fremdschichten. Man rechnet hier mit dem Widerstand einer Übergangsfläche von 1 cm<sup>2</sup>. Er liegt für dünnen Schichten in Stärke von etwa 5 ... 6 Å im wesentlichen unabhängig vom Material in der Größenordnung  $5 \cdot 10^{-9}$  ...  $5 \cdot 10^{-10}$  Ohm. Die Elektronen durchsetzen diese dünnen Fremdschichten infolge eines Tunneleffektes. Die Leitung durch sehr dicke Fremdschichten erfolgt dagegen mit einer für den Stoff charakterisierenden Leitfähigkeit.



W Engwiderstand  
 $\rho$  spez. Widerstand des Stoffes  
 $2a$  Durchmesser der Berührungsfläche  
 Bild 9. Lastabhängigkeit des Übergangswiderstandes für Silber (ausgedrückt durch  $W/\rho$ ).

Bei den Messungen an Silber (Bild 9) ergaben sich Werte, die über Erwarten gut mit dem theoretischen Verlauf bei reinmetallischen Kontaktstücken im elastischen und im plastischen Gebiet übereinstimmen. Auf den durchgezogenen Geraden liegen die nach der Theorie berechneten Werte. An Silberdrähten, die durch längeres Liegen an der Luft eine dicke Fremdschicht aufwiesen, ergab sich zunächst ein ziemlich hoher Widerstand, der aber unter der Belastung stark zeitlich abnahm und sich zum Schluß einem Grenzwert näherte, der nahezu auf der gestrichelten, mit dem niedrigsten

der für ganz dünne Schichten angegebenen Hautwiderstandswerte ermittelten Kurve in Bild 1 liegt. Die anfangs dicke Fremdschicht wird offenbar unter der Wirkung der Last weggedrückt und nur die festhaftende einmolekulare Schicht bleibt auf jedem Draht übrig. Sie besteht wahrscheinlich aus Oxyd oder Sulfid. In ähnlicher Weise wurden auch andere Stoffe untersucht. Gold verhält sich ungefähr wie Silber, dagegen Platin wesentlich anders. Hier ist auch bei frisch geschabten Drähten eine Fremdschicht vorhanden mit einem Widerstand wie bei Silber angenommen. Die Schicht ist dünn. Schon früher wurde beobachtet, daß sich ein reinmetallischer Kontakt bei Platin nur nach stundenlangem Ausplühen im Vakuum herstellen ließ und sich sofort nach Zutreten der Luft der Widerstand erhöht. Ag/Pt 90/10 verhält sich wegen des hohen Silbergehaltes praktisch wie Silber. Bei anderen Stoffen konnte an Luft kein reinmetallischer Übergang ermittelt werden. Ziemlich großen Schichtwiderstand zeigten Drähte aus frisch geschabtem Nickel.

Das Verhalten der Fremdschichten als Schutzschichten ist nicht ohne Interesse. Bestreicht man die Drahtoberfläche mit dem Finger, so erzeugt man Fremdschichten, die dicker sind als die bisher betrachteten Schichten. Sie erhöhen deshalb den Widerstand stärker. Auch der Widerstand solcher Schichten wird bei längerer Belastung kleiner. Das Aufbringen von Fremdschichten, am besten solcher aus den langen Molekülen pflanzlicher oder tierischer Öle, kann von großem Vorteil sein. Trotz der Dicke einer einmolekularen Schicht derartiger Moleküle in der Größenordnung von mindestens 20 Å ist der Widerstand, der sich einstellt, wenn die äußeren Olschichten bis auf die eine fest am Material haftende einmolekulare Schicht fortgedrückt wird, nur wenig größer als der Widerstand eines rein metallischen Kontaktes. Eine solche Schicht schützt aber das Metall vor chemischen Einflüssen. Silberdrähte wurden mit Schutzschichten aus Rizinusöl versehen. Der Kontaktwiderstand blieb während sehr langer Zeit konstant, während der Widerstand eines ungeölte Drahtes in der gleichen Zeit unter gleichen Bedingungen stark anstieg. Geölte Silberdrähte zeigten auch unveränderten Kontaktwiderstand trotz Einwirkung von Schwefelammoniumdämpfen, während ungeölte dabei in kürzester Zeit unbrauchbar wurden.

Die Arbeit stellt wieder die außerordentliche Überlegenheit des Silbers für Stromübergangsstücke unter Beweis. *Fkn*

## Physik

DK 621.397.5 : 535.51

**Elektrische Farbfilter.** [Nach V. A. B a b i t s u. H. F. H i c k s : Electronics 23 (1950) S. 112; 4 S., 7 B.]

Der Aufsatz beschreibt zuerst die verschiedenen magneto- und elektrooptischen Effekte, die einige doppelbrechende Flüssigkeiten und Kristalle im elektrischen oder magnetischen Feld zeigen und die darin bestehen, daß diese Stoffe die Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht in Abhängigkeit von der angelegten Feldstärke drehen. Bringt man z. B. zwischen 2 gekreuzte Polarisatoren eine doppelbrechende Kristallplatte, z. B. Glimmer, so wird das durch den ersten Polarisator linear polarisierte Licht in seiner Polarisationssebene eine Phasendrehung erfahren. Erfüllt nun die Platte die Bedingung, daß die Phasenverschiebung für eine bestimmte Wellenlänge gleich  $2\pi$  ist, so wird für diese Frequenz die Auslöschung bestehen bleiben, während die anderen entsprechend einem  $\sin^2$ -Gesetz durchgelassen werden, was den Austritt farbigen Lichtes zur Folge hat. Fügt man nun zu dieser festen Phasenverschiebung einen von dem elektrischen oder magnetischen Feld abhängigen Phasenschieber in Form der oben genannten Stoffe hinzu, so erhält man ein Farbfilter, bei dem die Farbe des austretenden Lichtes z. B. von der angelegten elektrischen Spannung abhängt. Ein derartiges „Farblight-Relais“ ist bereits von Otterbein auf der Großen Deutschen Rundfunkausstellung 1938 vorgeführt worden (Kerr-Effekt von Nitrobenzol). Diese Arbeiten wurden seinerzeit schon als Vorversuche für das farbige Fernsehen unternommen.

Die vorliegende amerikanische Arbeit bringt im Prinzip nichts Neues. Die beschriebene Vorrichtung stellt ein 2-stufiges Farbfilter dar. Die erste Stufe erzeugt eine konstante Verschiebung von  $8\lambda_0$ , wobei  $\lambda_0$  die Wellenlänge des grünen Lichtes (535 m $\mu$ ) ist. Die zweite Stufe besteht aus einem festen Phasenschieber, der eine Drehung um  $2\lambda_0$  er-

zeugt, und einem variablen Phasenschieber in Form eines  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ -Kristalles. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß bei Änderung der an dem Kristall angelegten Spannung von  $-4500$  V auf  $+4500$  V das auftretende Licht die Farbskala von blau über grün nach rot durchläuft.

Praktische Anwendungsmöglichkeiten, z. B. für farbige Bild-Übertragung oder Farbfernsehen, sind nicht erwähnt und wohl auch wegen der erforderlichen hohen Spannungen nicht zu erwarten. 9 Literaturstellen sind angezogen. *Mer*

DK 539.152.1

**Das Plancksche Wirkungsquantum.** — Angesichts der grundlegenden Bedeutung, welche die Quantenphysik für unser naturwissenschaftliches Weltbild gewonnen hat, wird man jede Bemühung begrüßen, die darauf hinausläuft, ihre Grundsätze Gemeingut aller naturwissenschaftlich interessierten und fortschrittlich denkenden Ingenieure werden zu lassen. Einen wertvollen Beitrag in dieser Richtung bildete der Vortrag von Prof. Dr. Werner K l u g e (Wuppertal und Stuttgart) über das „Plancksche Wirkungsquantum“, den er am 12. 12. 1950 in Wuppertal vor geladenen technisch-wissenschaftlichen Verbänden mit etwa 400 Zuhörern hielt. Es wurde in großen Zügen eine historische Darstellung der schrittweisen Festigung einer wissenschaftlichen Wahrheit — nämlich der Existenz der Größe  $h$  — gebracht. Von den bekanntlich wenigen anschaulichen Versuchen, die einem großen Hörerkreis sinnfällig vor Augen führen, wie das natürliche Geschehen tatsächlich zur Annahme einer quantenhaften Struktur der Energie zwingt, brachte der Vortragende den historischen Hallwachsversuch, die Darstellung von Linienspektren und den Lichtquantenzähler in der Form des modernen Photoelektronenvervielfachers nach Dr. M a u r e r. Ferner wurde das Zählen von  $\gamma$ -Quanten demonstriert. Es ist dem Vortragenden gelungen, das Werden der Quantentheorie unter dem Zwange des Experimentes eindrucksvoll darzustellen. *K. Sauerwein*

## Magnetismus

DK 536.245

**Die Abhängigkeit der Koerzitivkraft von der Pulverkorngröße beim Pulvermagneten.** [Nach Louis Weil : C. R. Acad. Sci., Paris, 229 (1949) S. 584—585.]

Im Zusammenhang mit der französischen Neuentwicklung über den Pulvermagneten sind neue Ergebnisse von großem Interesse. Das feinstkörnige Nickel erhält man nach der Raney-Methode durch Auslaugen des Aluminiums aus einer Nickel-Aluminium-Legierung mit einer Korngröße von etwa 60 Å. Es zeigt sich jedoch überraschend, daß dieses Nickelpulver eine viel kleinere Koerzitivkraft von nur 11,2 Oe gegenüber einigen Hundert Oersted nach der Reduktion der Oxalate und Formiate besitzt. Vergrößert man das Korn des Raney-Nickels durch starke Verdichtung oder durch Glühen bei 300 °C, so steigt die Koerzitivkraft, entgegen solchen Maßnahmen beim Reduktionspulver, auf 15,6 bzw. 33,5 Oe an. Als Bestätigung einer kürzlich von Néel<sup>1</sup> veröffentlichten Theorie zeigt dieser Befund klar, daß die Zunahme der Koerzitivkraft mit abnehmender Korngröße beim Pulvermagneten nur bis zu einer bestimmten kritischen Korngröße geht, die bei Nickel und Raumtemperatur 500 Å beträgt. Bei weiterer Abnahme der Korngröße sinkt die Koerzitivkraft wieder stark. Mit geringer werdender Temperatur nimmt diese erwähnte kritische Korngröße stark ab. Demgemäß erhält man bei  $-253$  °C mit dem Raney-Nickel  $H_c = 161,5$  Oe, was aber auch noch nicht dem Wert für Reduktions-Nickel ( $H_c = 265$  Oe) gleichkommt, so daß selbst bei dieser Temperatur die Korngröße des Raney-Nickels noch unter dem kritischen Wert liegt. *Fbch*

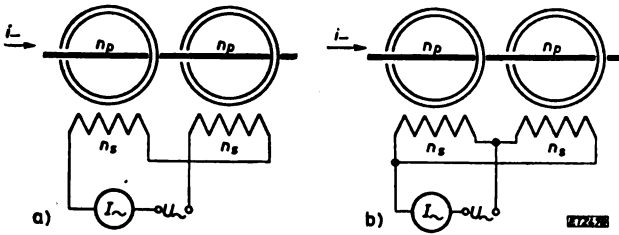
DK 621.317.511 : 621.318.42

**Die Anwendung des Transduktors als Gleichstromwandler in der Aluminiumindustrie.** [Nach T. R. Specht u. R. N. Wagner : Electr. Engng. 69 (1950) S. 828.]

Das bereits im Jahre 1937 von W. Krämer<sup>2</sup> beschriebene Verfahren, Gleichströme mit vormagnetisierten Dros-

<sup>1</sup> C. R. hebdomadaire Acad. Sci. 228 (1949) S. 664.

<sup>2</sup> Ein einfacher Gleichstromwandler mit echten Stromwandler-eigenschaften. ETZ 58 (1937) S. 1309.



$I_p$  — primärer Gleichstrom,  $I_s$  sekundärer Meßstrom,  $n_p$  primäre Windungszahl,  $n_s$  sekundäre Windungszahl

Bild 1. Transduktor als Stromwandler (a) in Reihenschaltung, (b) in Parallelschaltung.

seln zu messen, ist jetzt in größerem Umfange in den USA zur Messung starker Gleichströme in der Aluminiumindustrie angewendet worden. Da in Aluminium-Erzeugungsanlagen mehrere Gleichstrommaschinen an eine Sammelschiene angeschlossen werden, um die notwendigen Ströme zu gewinnen, bestand seit je her das Problem, die Ströme an den einzelnen Maschinen sowie in der Zuleitung zur Elektrolysezelle genau zu messen. In den USA benutzte man anscheinend immer noch Nebenwiderstände, an denen der Spannungsabfall mit einem Millivoltmeter gemessen wurde, das in Ampere geeicht war. Großer Aufwand war nötig, um die Instrumente in der Schaltwarte mit den Meßstellen zu verbinden.

Die Einführung eines Gleichstromwandlers in Gestalt des Strom-Transduktors<sup>2</sup> in Reihenschaltung nach Bild 10a oder Parallelschaltung nach Bild 10b brachte deshalb erhebliche Vorteile: elektrische Trennung von Gleichstrom- und Meßkreis, wirksame Absicherung, große Auswahl an Wechselstrommessern, Fernübertragung der Meßwerte an jede beliebige Stelle der Anlage, Anschluß beliebig vieler Instrumente an eine Meßstelle usw. Die in Bild 10a und 10b wiedergegebenen Schaltbilder sind mit magnetischen Verstärkern identisch, die ohne Rückkopplung und ohne Gleichrichter im Lastkreis arbeiten. Die den Steuergleichfluß erzeugende Primärwicklung wird durch die zu messende Leitung selbst gebildet. Der durch die Gleichstrom-Vormagnetisierung beeinflusste sekundäre Wechselstrom ist mehr oder weniger rechteckig entsprechend der Magnetisierungskurve des Kernes und bei Eisen-Nickellegierungen mit scharf ausgeprägtem Knick ist der Höchstwert des sekundären Wechselstromes nahezu:

$$i_{\max} = i_p \cdot n_p / n_s$$

Da  $i_{\max}$  nur in geringem Maße von Spannungsschwankungen auf der Sekundärseite beeinflusst wird, sind besondere Vorkehrungen für die Konstanz der Sekundärspannung  $U$  nicht erforderlich. Z. B. betrug die Änderung von  $i_{\max}$  nur 1% bei einer Spannungsänderung von 5% für eine bestimmte Ausführung.

In der Arbeit ist eine Berechnungsmethode angegeben, bei der die Magnetisierungskennlinie  $U = f(I)$  durch zwei Geraden ersetzt wird. Die theoretische Behandlung bringt jedoch gegenüber dem Bekannten nichts Neues<sup>3,4</sup>. Zur Frage der Reihenschaltung oder Parallelschaltung wird angegeben, daß bei Reihenschaltung außer dem Gleichstrom im Primärkreis auch der Wechselstrom der geraden Harmonischen fließt, wenn der Kreis einen niedrigen Scheinwiderstand hat. Hierdurch kann die Eichung beeinflusst werden. Bei Parallelschaltung fließen die geraden Harmonischen als Kreisströme in der Sekundärwicklung; doch hat diese Schaltung den bekannten Nachteil der größeren Zeitkonstanten und ist nach Krämer<sup>1</sup> als echter Stromwandler ungeeignet.

Einige Zahlenwerte sind für einen Gleichstromwandler von 75 000 A/37,5 A angegeben. Die Öffnung für die Sammelschiene beträgt  $280 \times 350$  mm; das Windungsverhältnis ist 1 : 2 000; der Gleichstromwiderstand der in Reihe geschalteten Sekundärwicklungen beträgt 0,88  $\Omega$ . Die vom Instrument hervorgerufene Bürde bezogen auf  $n_s$  ist 0,75  $\Omega$ . Als Anzei-

<sup>1</sup> Die Bezeichnung „Transduktor“ wird vielfach als übergeordneter Begriff für „Magnetischer Verstärker“ oder „Sättigungsdrossel“ angewendet.

<sup>2</sup> Th. Buchhold. Arch. Elektrotechn. 36 (1942) S. 221 und 37 (1943) S. 197.

<sup>3</sup> W. Schilling: ETZ 71 (1950) S. 7.

geinstrument im Betriebe wird ein besonders geeichter Dreh-eisen-Strommesser für 5 A verwendet, der über einen üblichen Stromwandler mit der Sekundärwicklung verbunden ist. Obwohl 16,5 kVA für die Meßeinrichtung installierbar werden müssen, liegt die Wirkleistung unter 1 kW und ist damit wesentlich geringer als in einem entsprechenden Nebenschlußwiderstand. Weiterhin werden ein Oszillogramm zur Demonstration der Zeitkonstanten und eine Tabelle angegeben, die die nahezu lineare Abhängigkeit  $I_s = f(I_p)$  für  $i_p = 7\,500 \dots 100\,000$  A zeigt.

Wmm

## Kurznachrichten

**Praktikum in Frankreich.** — Der Internationale Bund für Kultur- und Sozialarbeit e. V., Tübingen, Reutlinger Straße 43, wird voraussichtlich im August 1951 für deutsche und französische junge Elektroingenieure und kurz vor der Abschlußprüfung stehende Ingenieurstudenten ein Praktikum in Frankreich abhalten. Für den praktischen Teil des Treffens sind Studienaufenthalte bei Kraftwerken in den Departements Savoie, Dauphine und Rhône vorgesehen.

Interessenten werden gebeten, sich schon jetzt unverzüglich zu melden.

**Erfinder- und Neuheitenmesse.** — Der Erfinder-Schutzverband für die Bundesrepublik Deutschland veranstaltet vom 2. bis 17. Juni 1951 in München die 2. Deutsche Erfinder- und Neuheitenmesse. Messeleitung: München, Praterstr. 13.

**UKW-Funksprechanlagen bei den EVU.** — Zur Verbindung der Betriebsleitung mit Störtrupp-Einsatzwagen werden jetzt auch die Energieversorgungsunternehmen UKW-FM-Funksprechanlagen an. Einige dieser Geräte werden z. B. bei der Hannoverschen Stromversorgungs AG. erprobt. Feststation und Fahrzeugstation senden mit je 10 W auf zwei Frequenzpaaren im 70 MHz-Band<sup>1</sup>.

**UKW-Funksprechverbindungen.** — Nachdem schon seit über einem Jahr der Fernsprechverkehr zwischen Berlin und Westdeutschland zum größten Teil über UKW-Weitverbindungsstrecken abgewickelt wird (Sender 1 kW, Frequenz 41 ... 68 MHz) und günstige Erfahrungen lieferte, werden jetzt auch Nahverbindungen mit UKW-Strecken gebaut. Die Strecke Darmstadt—Feldberg (Taunus)<sup>2</sup> gibt ein Beispiel für die hohe Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Solche Verbindungen arbeiten mit Frequenzen um 156 ... 174 MHz und mit Leistungen von nur 100 W.

**Neues Luft- und Seefahrt-Funknavigationssystem für Mitteleuropa.** — Das Navigatorsystem besteht aus einer „Kette“ von 4 ortsfest aufgebauten 2½ kW-Langwellensendern, und zwar werden die für Deutschland bereits im Bau befindlichen Sender noch im Herbst dieses Jahres in Madfeld bei Bielefeld im Sauerland, Stadtkyll in der Eifel, Coburg in Bayern und Zeven (in der Mitte zwischen Hamburg und Bremen) aufgestellt<sup>3</sup>.

**Elektroakustisch-stereophonisches Glockengeläut.** — Für die Pfarrkirche St. Max in Augsburg wurde ein bekanntes Glockengeläut über zwei Tauchspulenmikrophone im Doppelspurverfahren auf Tonbänder aufgenommen. Es wird über zwei 80 W-Verstärker wiedergegeben, die zwei Schallgruppen zu je drei 25 W-Lautsprecher und einen 10 W-Reflextrichter speisen<sup>4</sup>. Die Bedienung der Anlage ist nicht schwieriger als die eines modernen Rundfunk-Gerätes. Den liturgischen Zwecken entsprechend stehen verschiedene Geläute zur Verfügung; die Spieldauer der einzelnen Tonbänder schwankt zwischen fünf und zwanzig Minuten. Versuche haben gezeigt, daß der Klangcharakter eines Glockengeläutes nur auf dem Wege des stereophonischen Aufnahme- und Übertragungsverfahrens naturgetreu wiedergegeben werden kann.

<sup>1</sup> Hersteller: C. Lorenz AG.

<sup>2</sup> Hersteller: Telefunken.

<sup>3</sup> Hersteller: Telefunken mit Decca-Lizenz.

<sup>4</sup> Hersteller: Philips Valvo Werke, Hamburg.



## VERSCHIEDENES

## Einladung

zur

## 45. Jahresversammlung des VDE in Hannover

vom 11. bis 16. Juni 1951

## Tagungsplan

**Montag, 11. Juni**

- 9.00 Uhr **Sitzung des Prüfstellenausschusses**  
(Neues Rathaus — Ratsstube)
- 11.00 Uhr **Sitzung des Technischen Ausschusses**  
(Neues Rathaus — Ratsstube)
- Sitzung des Zeitschriftenausschusses**  
(Neues Rathaus — Zimmer 126)
- 14.00 Uhr **Vorstandssitzung**  
(Neues Rathaus — Ratsstube)
- 17.00 Uhr **Delegiertenversammlung**  
(Neues Rathaus — Hodlersaal)
- 20.00 Uhr **Zwangloses Treffen der Teilnehmer**  
in der Stadthallenwirtschaft

**Dienstag, 12. Juni**

- 9.00 Uhr **Hauptversammlung** (Niedersachsenhalle)  
Begrüßungen  
Hauptvortrag: Prof. Dr.-Ing. K. K ü p f -  
m ü l l e r, Stuttgart, „Die Technik der  
elektrischen Nachrichtenverbindungen“  
Ausprache  
Geschäftsberichte
- 15.00 Uhr **Fachberichte** (Techn. Hochschule — Ein-  
gang Westflügel)  
Fachgruppen: Steuerung und Rege-  
lung, Drahtfernmeldetechnik, Elektro-  
maschinen, Hochfrequenztechnik
- 20.00 Uhr **Gesellschaftsabend** (Niedersachsenhalle)

**Mittwoch, 13. Juni**

- 9.00 Uhr **Fachberichte** (Techn. Hochschule)  
Fachgruppen: Elektrowärme, Draht-  
fernmeldetechnik, Schaltanlagen und  
Netze, Hochfrequenztechnik

- 15.00 Uhr **Fachberichte** (Techn. Hochschule)  
Fachgruppen: Elektrowärme, Meßge-  
räte, Kabel, Hochfrequenztechnik  
**Besichtigungen** hannoverscher Industrie-  
betriebe und Stadtrundfahrt für Damen  
nach besonderem Zeitplan
- 20.00 Uhr **Festvorstellungen** im Opernhaus und  
Schauspielhaus

**Donnerstag, 14. Juni**

- 9.00 Uhr **Fachberichte** (Techn. Hochschule)  
Fachgruppen: Fernmeldetechnik in  
Starkstromanlagen, Meßgeräte, Isola-  
toren, Funkentstörung
- 14.15 Uhr **Exkursion**
- 15.00 Uhr **Fachberichte** (Techn. Hochschule)  
Fachgruppen: Antriebe und Licht-  
technik, Meßgeräte, Schaltgeräte und  
Überspannungsschutz, Elektrophysik  
und Elektroakustik  
**Besichtigungen** hannoverscher Industrie-  
betriebe sowie Stadtrundfahrt und Kaffee-  
fahrt nach Bad Pyrmont für Damen nach  
besonderem Zeitplan

**Freitag, 15. Juni**

- Besichtigungen** hannoverscher Industrie-  
betriebe  
**Exkursionen**

**Sonnabend, 16. Juni**

- Besichtigungen und Exkursionen**

Besondere Einladung geht den Mitgliedern über die Mitgliedsvereinigungen zu. Nichtmitglieder und Freunde des VDE richten ihre Anmeldungen und Anfragen an:

VDE-Sekretariat, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6

**Verband Deutscher Elektrotechniker**

Herz

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, Fernruf: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

Bekanntmachungen

VDE 0720/11.50, Änderung des § 15 a)

In der ETZ 71 (1950) S. 697 (vom 15. 12. 50) hatte die VDE-Kommission 0720 „Elektrowärmegeräte“ bekanntgegeben, daß sie beabsichtigt, den § 15 a) von VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ zu ergänzen. Einsprüche sind nicht eingegangen. Ein Ergänzungsvorschlag wurde berücksichtigt.

Der Vorstand des VDE hat daher folgende Ergänzung des § 15 a) ab 1. Juni 1951 in Kraft gesetzt: § 15a) Als 2. Absatz ist hinzuzufügen:

„Nicht lösbare Zuleitungen dürfen nur dann angewandt werden, wenn die Zuleitung mit dem Gerät ein unteilbares Ganzes bildet und aus besonderen Gründen (z. B. Abdichtung) an der Anschlußstelle mit Isolierpreßstoff oder einer vulkanisierten Kautschukmischung umpreßt ist, sofern die Temperatur an dieser Stelle 90° (70° Übertemperatur) nicht überschreitet.“

Die sich hiernach ergebende 6. Änderung der ab 1. Januar 1939 geltenden Fassung von VDE 0720 kann als Sonderdruck mit der Bezeichnung VDE 0720 f/6.51 vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Postfach 667 oder dessen Zweigniederlassung Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zum Preis von 0,10 DM je Exemplar bezogen werden.

Durch Einfügen dieser Änderung in VDE 0720 erhält diese Vorschrift die Bezeichnung VDE 0720/6.51.

Außerkraftsetzung von VDE 0480/XII.42

Die VDE-Kommission „Elektrische Meßgeräte“ hatte in der ETZ 72 (1951) S. 129 bekanntgegeben, daß beabsichtigt ist, VDE 0480/XII.42 „Gegenüberstellung der Ländervorschriften und der IEC-Regeln für elektrische Meßgeräte“ außer Kraft zu setzen. Da Einsprüche hiergegen nicht eingegangen sind, hat der Vorstand des VDE diese Druckschrift mit Wirkung vom 1. Juni 1951 ab für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker Der Generalsekretär Lauster

Kommission „Akkumulatoren“

Die Kommission hat unter Vorsitz von Obering. Pöhler eine Neufassung von VDE 0510 „Vorschriften für Akkumulatoren“ ausgearbeitet. Der Entwurf kann gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand zum Preise von 2,50 DM von dem Kommissionsvorsitzenden bezogen werden. (Anschrift: Obering. Pöhler, Accumulatoren-Fabrik AG., Zentralverwaltung Frankfurt/Main, Neue Mainzer-Str. 52).

Es ist beabsichtigt, die Neufassung zum 1. Oktober 51 in Kraft zu setzen und die z. Zt. geltende Vorschrift (VDE 0510/IX.43) zum gleichen Termin für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen die Neufassung und gegen die Außerkraftsetzung der z. Zt. geltenden Vorschrift können bis zum 1. 7. 51 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden. Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle Pöhler Jacottet

SITZUNGSKALENDER

- Berlin: EV Berlin, Bln.-Charlbg. 4, Bismarckstr. 33 24. 5. 51, 18.15, Gr. Physiksaal d. TU.: „Richtfunkverbindungen für Fernsprechweitverkehr“, Dr. Zetzmann, Berlin. Braunschweig: ETV Braunschweig, Technische Hochschule 1. 6. 51, 20.00, Techn. Hochsch.: „Überspannungsschutz durch SAW-Ableiter und Hartgasableiter“, Dr. Rabus. Erlangen: ETG Nürnberg, Nbg., Sandrartstr. 30 25. 5. 51, Gr. Hörsaal d. Physikal. Instituts, Erlangen: „Kunststoffe in der Elektrotechnik“, Dr. Heering, Berlin. Mannheim: VDE-Bezirk Kurpfalz, Mannheim-Feudenheim, Körnerstr. 33 17. 5. 51, 17.30, Gewerbeschule I, Mannh. C. 6. 1: „Die Schutzeinrichtungen der elektrischen Energieverteilungssysteme“, Prof. Biermanns.

München: ETV München, München, Blumenstr. 8 25. 5. 51, 19.00, Soziales Landesmuseum, Pfarrstr. 3: „Straßen- und Verkehrsbeleuchtung“, Dr.-Ing. v. d. Trappen.

Remscheid: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal 18. 6. bis 21. 6. 51: Kursus „Fortbildungskursus für Zählerrevisoren Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. Roewer, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

PERSONLICHES

O. Bang-Kaup †. — Am 26. Februar fiel Herr Dipl.-Ing. O. Bang-Kaup einem Kraftwagenunfall zum Opfer. Am 25. 4. 1900 in Löwen geboren, kam er frühzeitig nach Deutschland und beendete seine Studien an der Technischen Hochschule Darmstadt. Sein ganzes Lebenswerk galt der Entwicklung hochwertiger Spielwaren, mit der er sich schon in den letzten Jahren seines Studiums eingehend befaßt hatte. Der Name der Märklin-Eisenbahnen, vor allem der Modell-Eisenbahnen, ist auf das engste mit seiner Arbeit verknüpft. Ein großer Teil der Entwicklungen sich der elektrischen Energie bedient — man denke nur an die elektrischen Eisenbahnen und die Kinderklosterherde — so kam es selbst, daß die Frage der Sicherheit auf diese Arbeit maßgebenden Einfluß haben mußte. Der Verstorbene ist sich mit großem Ernst und vollem Bewußtsein der außerordentlichen Verantwortung gerade der Frage der Sicherheit der elektrischen Spielzeuge gewidmet und in den VDE-Kommissionen wertvollste Arbeit leistet. Der VDE verliert ihm den Vorsitzenden der Kommission Kleintransformatoren und ein verdientvolles Mitglied der Elektrowärmekommission. In jahrelanger, treuer und uneigennütziger Mitarbeit hat am Vorschriftenwerk des VDE mitgewirkt und seine großen Erfahrungen der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. Sein liebenswürdiges Wesen und sein nimmermüdes Engagement auf die Gedanken seiner Mitarbeiter in den Kommissionen hat ihm die Wertschätzung aller derer eingebracht mit denen ihn seine Tätigkeit zusammenführte. Sein hinterläßt nicht nur an der Stätte seiner Wirksamkeit — war seit Beendigung seiner Studien bei der Fa. Gebrüder Märklin u. Cie. G.m.b.H. in Göppingen tätig und zuletzt deren Chefkonstrukteur und Prokurist — sondern auch überall da, wo er ehrenamtlich seine Mitarbeit zur Verfügung stellte, eine fühlbare, schwer zu schließende Lücke und sich ihm ein bleibendes Gedenken. Harald Müller



Harald Müller

E. Besag †. — In Streetly bei Birmingham ist am 27. Jan. 1951 im Alter von 72 Jahren Ernst Besag gestorben.



Er hatte eine technische Laufbahn 1906 bei Voigt-Haefner begonnen, zu der als Hochspannungstechniker im Labor, bald als Konstrukteur von Schaltgeräten und Leiter des Konstruktionsbüros während des ersten Weltkrieges schuf er viele Neukonstruktionen für die Kriegsmarine, die damals für die großen Bootkreuzer völlig neue Forderungen an die Stromtechnik stellte. Gleich nach dem Krieg gab er den ersten konstruktivsten Überstromschalter für kleine Stromer an, den US-Schiffbau von V & H, der wiederum Büschelberger zur Schaffung des Elfa-Stöpfels anregte. Anfang der zwanziger Jahre wurde Besag beratender Ingenieur der Schiele-Industrie

rke, Hornberg. Hier entwarf er einen kleinen Motor-  
utzschalter, der heute noch auf dem Markte ist, weiter  
inölschalter, Luftschtze und Neukonstruktionen zum  
inisch-Riedl-Schutz<sup>1</sup>. Als Konstrukteur war Besag uner-  
öpflich an neuen Ideen, die dazu meist verblüffend ein-  
h waren, z. B. bei schwierigen Verriegelungen.

1939 wurde er durch die Verhältnisse zum Verlassen  
utschlands gezwungen. In England nahm ihm eine Er-  
nkung das Augenlicht, trotzdem konstruierte er noch für  
e englische Firma ein neues Luftschtz, das er in großen  
eideskizzen auf einer Tafel entwickelte. Sein großer  
inisch, wieder in die Heimat zurückzukehren, ging ihm  
er nicht mehr in Erfüllung. S. A l t e r, F. S c h o o f

**Jens Lassen la Cour 75 Jahre alt**

Am 15. Mai d. Js. begeht Dir. Dr.-Ing. e. h. la Cour  
nen 75. Geburtstag. Sein Name steht in enger Verbindung  
der stürmischen Entwicklung der Elektrotechnik zu Ben-  
n unseres Jahrhunderts. Dir. Dr. la Cour wurde in Däne-  
rk geboren. Nach seinem Studium an der T. H. in Zürich  
er seit 1900 Assistent bei Prof. Dr.-Ing. Arnold und  
iter Dozent an der T. H. in Karlsruhe und nahm regen An-  
an der Forschung und Entwicklung der elektrischen Ma-  
inen. Von den zahlreichen Arbeiten und Erfindungen sei  
r nur folgendes erwähnt: Leerlauf und Kurzschlußversuch  
der Starkstromtechnik, Prinzipien, die wir alle jetzt als  
bstverständlich annehmen, Kaskadenumformer, Einpha-  
-Nebenschluß-Kommutatormotor. Am bekanntesten wur-  
er jedoch als Mitverfasser der ersten Bücher über elek-  
sche Maschinen, die unter dem Namen „Arnold — la Cour-  
e Bücher“ in der ganzen Fachwelt bekannt sind. In diesen  
hern wurde zum ersten Male die Theorie der elektrischen  
schine als ein an sich besonderes Fach behandelt und in  
e bestimmte Form gebracht. Diese Bücher wurden Grund-  
ine der späteren Entwicklung und dienten als Leitfaden  
mehrere Generationen der Elektroingenieure.

Nach seiner Tätigkeit an der T. H. Karlsruhe ging J. L.  
Cour im Jahre 1904 in die Privatindustrie und zwar als  
ering. zur Firma Bruce Peebles & Co. Ltd. in Edinburgh.  
den Jahren 1907 bis 1914 war er technischer Direktor bei  
EA/Schweden, später wurde er Direktor bei Norsk Hy-  
elektrisk Kvälstof-A/S in Oslo. Im Jahre 1918 gründete  
die Firma Svenska Elektromekaniska AB (Elektromekano)  
Hälsingborg, welche die Herstellung von elektrischen Ma-  
inen und Transformatoren aufnahm.

Elektromekano hat er seine letzten Arbeitsjahre bis zum  
eichen seiner Pensionszeit gewidmet. Hier zeigte er ne-  
n den technischen Kenntnissen noch großes organisatori-  
es Können. Seine hervorragende Tätigkeit in der Ent-  
klung der elektrischen Maschinen wurde oft anerkannt.  
e T. H. Karlsruhe und die T. H. Kopenhagen verliehen  
-Ing. la Cour im Jahre 1925 bzw. 1928 die Würde des  
-Ing. h. c. — Wir wünschen dem Jubilar noch viele glück-  
he Jahre im Kreise seiner Familie. W. S.

**Dornhoff.** — Am 20. April 1951 konnte Carl Dornhoff,  
itinhaber der Elektromotorenwerke Dornhoff & Co. K. G.,  
orrem Bez. Köln, sein 70. Lebensjahr vollenden. Seiner  
ititative und unermüdlchen Schaffenskraft ist es zu dan-  
n, daß das von ihm vor 32 Jahren gegründete Unterneh-  
en sich aus einem bergbaulichen Reparaturwerk für Elek-  
motoren zu einer angesehenen Spezialfertigungsfabrik  
twickelt hat. fi

**Hofmann.** — Am 14. März 1951 wurde der Gründer und  
haber der Concordia-Maschinen- u. Elektrizitäts-GmbH. in  
uttgart, Direktor August Hofmann, 70 Jahre alt. In  
lliger geistiger und körperlicher Frische leitet der Jubilar  
ch heute zusammen mit seinem Sohn das Werk, das er  
zäher Energie zu seiner heutigen Bedeutung als Hoch-  
annungsapparate-Fabrik brachte. A. Hofmann gehört zu  
en Unternehmern, die als Ingenieure mit stetem Forscher-  
ang der deutschen Elektroindustrie eine weltweite  
Wirkung gegeben haben. Außerste persönliche Anspruchslosig-  
it und ein hohes Arbeitsethos haben seiner Lebensarbeit  
en Erfolg beschieden. Mit seinen Mitarbeitern verbindet ihn  
ameradschaftliche Treue im Persönlichen, wie auch in der  
arbeit. Ltz

<sup>1</sup> Vergl. seine Aufsätze in der ETZ 1910 bis 1932.

**H. Baumhauer.** — Am 25. März 1911 trat Dr. Heinrich Baum-  
hauer in die chemische Abteilung des Glühlampenwerkes  
von S & H ein, das später in die Osram GmbH., KG., über-  
führt wurde. Baumhauer hat die Herstellungsverfahren von  
Wolfram- und Molybdändrähnen maßgeblich beeinflußt,  
auch das erste wichtige Patent über Hartmetall stammt von  
ihm. Direktor Dr. Baumhauer füllt seinen Arbeitsplatz noch  
sehr tatkräftig aus. R



H. Baumhauer



A. Kutzner

**A. Kutzner.** — Auch Alfred Kutzner konnte sein 40-  
jähriges Berufsjubiläum bei Osram begehen, er trat am  
1. 4. 1911 der Auergesellschaft bei. Er hat als kaufmännischer  
Direktor im In- und Auslandsgeschäft sowie beim Wieder-  
aufbau nach dem zweiten Weltkrieg seinen Anteil an der  
raschen Entwicklung der elektrischen Lichttechnik. R

**A. Rachel.** — Der Vorsitzende des Fachnormenausschus-  
ses Elektrotechnik im DNA, Professor A. Rachel, Berlin,  
wurde nach dem Ausscheiden von Prof. Dr. Siebel auf der  
ordentlichen Jahresversammlung des Deutschen Normenaus-  
schusses am 10. April einstimmig zum Präsidenten gewählt.  
Vizepräsident blieb Prof. Dr. H. H. Frankk, Berlin. of

**Jubiläum.** — Der emeritierte o. Professor für Maschinenbau,  
Geheimer Hofrat Dr.-Ing. e. h. Georg Benoit beging am  
28. 3. 1951 das 50jährige Jubiläum seiner Ernennung zum  
o. Professor an der Technischen Hochschule Fridericiana zu  
Karlsruhe.

Prof. Benoit, der am 3. März 1868 in Wesel geboren ist,  
und um die Jahrhundertwende Direktor der Höheren Ma-  
schinenbauschule in Hagen war, begründete in Karlsruhe  
eine berühmte gewordene Schule auf dem Gebiete der Hebe-  
und Transportanlagen. Vor allem seine grundlegenden Bei-  
träge zum Problem des Drahtseils und der Drahtseilschwebe-  
bahn haben ihn weit über die Grenzen Deutschlands hinaus  
bekannt gemacht. Unter seiner geistigen Führung wurde  
u. a. die erste Personen-Seilschwebebahn mit Umlaufbetrieb  
auf den Schauinsland bei Freiburg gebaut. Im Jahre 1911—12  
und 1921—22 stand er als Rektor an der Spitze der Hoch-  
schule. Im Jahre 1935 wurde Prof. Benoit, den die Techn.  
Hochschule Karlsruhe zu ihrem akademischen Ehrenbürger  
ernannt hat, emeritiert. Prof. Benoit verbringt seinen Le-  
bensabend in erfreulicher Rüstigkeit in Baden-Baden. of

**Jubiläum.** — Im Jahre 1911 gründete Josef Leber in Frei-  
burg eine Firma, die sich bis 1934 mit Großinstallationen,  
dem Bau von Marmorschalttafeln und besonders der Montage  
von Neon-Beleuchtungen befaßte. 1934 begann der jetzige  
Inhaber und Sohn des Gründers der Firma, Ing. Karl J. Le-  
ber, mit der Fertigung von Stahlblech-Schalttafeln. Zum  
Fertigungsprogramm gehören auch Schaltschränke, Schalt-  
pulte, Steuerungsanlagen und Hausanschlußsicherungen. Der  
Betrieb hat die schweren Kriegsschäden nun überwunden  
und füllt sein Arbeitsprogramm wieder voll aus. Fi

**Jubiläum.** — Vor 30 Jahren begann der inzwischen verstorbene Gründer der Firma Karl Pfisterer KG., sich mit der Fabrikation von Klemmen für Freileitungen, Schaltanlagen und Kabelnetze zu befassen. Aus kleinen Anfängen hat sich daraus ein anerkanntes Werk entwickelt. Die Firma konnte durch den Neubau eines Werkes für Hochspannungsarmaturen und eines elektro-mechanischen Laboratoriums zur Untersuchung von Klemmen und Armaturen ihre Produktion erheblich steigern.

of

**Hochschulnachrichten.** — Die Technische Universität Berlin hat dem Präsidenten der Industrie- und Handelskammer Berlin und Vorsitzter des Vorstandes der AEG, Regierungsbaurat a. D. Friedrich Spennrath, den Titel eines Dr.-Ing. e. h. verliehen. Die Universität will damit die von Baurat Spennrath und unter seinem maßgeblichen Einfluß durchgeführten Entwicklungen auf dem Gebiete des Verkehrswesens sowie seine Förderung rein wissenschaftlicher Forschungsaufgaben auf den Grenzgebieten von Physik und Elektrotechnik ehren.

ff

## Briefe an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

DK 621.331.001.2 : 625.11 (43)

### Zur Wahl von Bahnstromsystemen

In seinem Aufsatz in Heft 2 der ETZ ds. Js. wirft Prof. Dr.-Ing. H. Kother auf S. 44 in Fußnote 7 die Frage auf, wie der Strom für Bahnbetrieb bereitzustellen sei. Er erwähnt verschiedene Möglichkeiten und hebt den Bezug von Bahnstrom aus Brikkettfabriken besonders hervor. Gleichzeitig wendet er aber ein, daß der direkte Bezug aus diesen Fabriken nur über Elektrizitätsunternehmungen mit erheblichen Aufschlägen möglich wäre. Hiermit wird wieder die seit den 20er Jahren in besonderem Maße diskutierte Frage der Bahnstrombeschaffung aus bahneigenen bzw. aus Landesnetzen, letzterenfalls auf dem Wege der Umformung, gestreift. Im Vortrag des Verkehrsministers Arnold ist zwar mit erfrischender Deutlichkeit gesagt, „daß wir uns um die Bereitstellung der erforderlichen Energie in den Kraftwerken der öffentlichen Elektrizitätsversorgung keine Sorgen zu machen brauchen“. Hiermit wird der Kernpunkt des künftigen Strombeschaffungsproblems für Traktionszwecke getroffen.

Während bisher an dem Standpunkt der deutschen Eisenbahnverwaltung, 16⅓ Hz-Strom nur in bahneigenen Kraftwerken zu erzeugen, nicht zu rütteln war, setzt sich jetzt der Gedanke, den Bahnstrom aus öffentlichen Werken bzw. aus den Netzen der Landesversorgungsunternehmungen zu entnehmen, immer mehr durch. In dieser Hinsicht ist die Bahnstromversorgung in Schweden vorbildlich. Dort wird der Strom für den elektrifizierten Bahnbetrieb m. W. ausschließlich aus den Landesnetzen über Umformer oder Umrichter von 50/16⅓ Hz mit bestem Erfolg seit Jahrzehnten entnommen. Die durch die Umformung entstehenden Verluste werden dort weniger tragisch genommen als in Deutschland, weil nach schwedischer Auffassung die Verluste des im wesentlichen in Wasserkraftwerken gewonnenen Stromes gegenüber der Vereinfachung des Betriebes, namentlich aber gegenüber dem geringeren Kapitalbedarf für den Ausbau besonderer Bahnkraftwerke keine besondere Rolle spielen.

Die Ausführungen des Verfassers decken jedoch noch eine andere Kluft auf insofern, als er von Strom aus Brikkettfabriken und Heizkraftwerken spricht, der nur an die EVU, nicht aber an dritte (die Bundesbahn) abgegeben werden darf!

Wenn dem so wäre, so müßte in das von der Bundesregierung vorbereitete neue Gesetz zur Regelung der Energiewirtschaft eine Anordnung über die Verwendung von Strom für übergeordnete volkswirtschaftliche Zwecke aufgenommen werden.

Stuttgart, 23. Jan. 1951

H. Pütz

**Erwiderung.** H. Pütz hat durchaus richtige Folgerungen aus meinen Ausführungen gezogen. Wenn es einer Eisenbahn möglich wäre, den Strom aus den Heizkraftwerken der Brikkettfabriken zu dem gleichen Preis zu beziehen wie dies heute ausschließlich den Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen vorbehalten zu sein scheint, würde die Elektrifizierung der Eisenbahn durch Anschluß an das Landesnetz außerordentlich gefördert werden<sup>1</sup>. Es wäre zu hoffen, daß es hierzu nicht erst eines neuen Gesetzes zur Regelung der Energiewirtschaft bedarf.

Köln, 1. Febr. 1951

Hans Kother

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3.01 : 538.551.1 (023)

**Die Ortskurventheorie der Wechselstromtechnik.** Von Günther Oberdorfer. 2. Aufl. Mit 100 S., 63 B., 9 Taf., Format 16×24 cm. Verlag Franz Deuticke, Wien 1950. Preis kart. DM 15,—.

Der Verlag F. Deuticke hat in sauberer Ausstattung die 2. Auflage der „Ortskurventheorie der Wechselstromtechnik“ von Prof. G. Oberdorfer herausgebracht, die sich an das wohlbekanntes Lehrbuch der Elektrotechnik desselben Verfassers anlehnt.

Oberdorfer behandelt in einer breiten Einleitung die komplexe Rechnung und ihre Darstellung in der Gaußsche Zahlenebene. Der Hauptteil bringt die Theorie der Geraden und des Kreises, sodann der Parabel, der zirkularen Kurven und der Quartik. Darauf folgt die Theorie der Ortskurvenscharen, besonders der Geradenscharen und der Kreisscharen. Den Schlußabschnitt bilden Zahlenbeispiele aus der Starkstromtechnik. Die Darstellung ist sehr ausführlich und durch viele zum Teil mehrfarbige Abbildungen sehr anschaulich ergänzt und kann Ingenieuren der Starkstromtechnik, die diese Ortskurventheorie praktisch anwenden, sehr empfohlen werden.

Leider wird es der Nachrichtentechnik nicht mit gleichem Nutzen zu Hand nehmen. Er wird die Beziehungen der Ortskurventheorie zur Funktionentheorie vermissen und wird vergebens die mit Kreis und Ellipse verwandten Spiralen- und Diagramme suchen, die die Vorgänge auf Leitungen, die Einschwingvorgänge in Schwingungskreisen und andere beschreiben. Er würde sich auch über die Grundlagen der Ortskurventheorie freuen, die mit komplexen Frequenzen arbeitet, so anschauliche Stabilitätskriterien liefert und die Darstellung von Schwingungsvorgängen durch Ortskurven erst abrundet. Er wird sich aber auch daran stoßen, daß Oberdorfer neben der Spannung die elektromotorische Kraft und neben den Widerständen die Widerstandsoperatoren verwendet, wird nur ungern lernen, welche Vorzeichen welchen Komponenten dieser Begriffs-paare gehören, hat wird auch noch manche andere Bedenken vorzubringen haben, z. B. gegen die Verwendung der Worte Vektor und Inversion.

Feldtkeller

DK 517.5 (023)

**Praktische Funktionenlehre.** Von Friedrich Tölke. 1. B. Elementare und elementare transzendente Funktionen. 2. stark erw. Aufl. Mit 440 S., 178 B., Format 20×27 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis geb. DM 39,—.

Die zweite Auflage dieses Buches ist gegenüber der ersten stark erweitert und umfaßt außer den elementaren und elementaren transzendenten Funktionen mit ihren Zehntafeln und Integralen auch die Anwendungen dieser Funktionen im Komplexen auf partielle Differentialgleichungen. Ferner sind die Kugelfunktionen in diesen ersten Band aufgenommen worden. Insgesamt liegt so zugleich ein Tabellenwerk für die genannten Funktionen und ein Sammelwerk für ihre Anwendungen in den technisch wichtigsten partiellen Differentialgleichungen vor. Die Anwendungen betreffen: örtlich periodische Wärmeausgleich-, Wärmeentwicklungs- und Diffusionsvorgänge — Biegungsschwingungen homogener Balken und Platten — Stoßerscheinungen in hydraulischen Leitungen — Wasserspiegellage und Wassersprung in offenen Gerinnen — Membrane unter Querbewegung — ebene Grundwasser- und Sickerströmungen — stationäre Temperaturfelder — Torsion homogener Stäbe — querbelastete elastische Platten. Die Vielseitigkeit der behandelten Themen, der klare Aufbau und die ausgezeichnete Ausstattung des Buches werden dazu beitragen, die Brücken zwischen der Mathematik und der Technik zu stärken.

U. Graf

<sup>1</sup> Kother: Zur Wahl von Bahnstromsystemen. Technische volkswirtschaftliche Berichte des Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen 1950, herausgegeben von Min.-Dir. Dipl.-Ing. Brandt.

Kother: Der Verkehr in seiner Einwirkung auf die Wahl von Bahnstromsystemen. Int. Arch. Verkehrswes. 2 (1950) S. 449.

DK 621.3.01 : 51 (022.4)

**Rechenverfahren und allgemeine Theorien der Elektrotechnik.** Von Dr. techn. Günther Oberdorfer. (Bd. II d. „Lehrbuch der Elektrotechnik“.) 5. Aufl. Mit 426 S., zahlr. B. u. Taf., Format 16×24 cm. Leibniz-Verlag, München 1949. Preis Hlw. DM 18,20.

Das rasche Erscheinen der fünften Auflage des bekannten Buches beweist, daß das Lehrbuch über die „Mathematik des Elektrotechnikers“ ein voller Erfolg ist. Die Art des behandelten Stoffes ist gegenüber den früheren Auflagen die gleiche geblieben, so daß sich ein Aufzählen der einzelnen Abschnitte und ihres Inhaltes erübrigt. Doch sind in einzelnen Kapiteln Erweiterungen dazu gekommen, so vor allem im Kapitel der Laplacetransformation, Tensor- und Affinorrechnung. Unter die speziellen Funktionen sind auch in gedrängter Form die Legendreschen Kugelfunktionen aufgenommen worden.

Neu hinzugekommen ist ein kurzer Abriss über Variationsrechnung. Zu wünschen wäre, daß bei einer weiteren Neuauflage der Abschnitt über Operatorenrechnung wegfällt und das Kapitel der Heavisideschen Operatorenrechnung übernommen würden. Weiter wäre für später noch eine Einführung in die Integralgleichungen wünschenswert, die ja B. bei Lösung von Erderproblemen angewendet werden.

Der Verfasser hat mit pädagogischem Geschick seinen Zweck vollkommen erreicht, ein mathematisches Buch zu schaffen, das in leichtfaßlicher Erklärung weite Gebiete der Mathematik, wie sie von Elektroingenieuren gebraucht werden, zusammenfassend bringt.

E. Kluss

DK 621.34 : 621.86/.87 (023.3)

**Der elektrische Antrieb der Hebezeuge und Nahförderergeräte.** Von C. Schiebeler f. Mit 116 S., 60 B., 28 Taf., Format DIN A 4. Brückenverlag Hans Enz, Frankfurt a. M. 1949. Preis geb. DM 15,—.

Der Verfasser behandelt die Besonderheiten der Motorerwärmung im Aussetzbetrieb, die Arbeitsbedingungen der Hebezeugtriebwerke sowie das Verhalten der Drehstrom-Asynchronmotoren im Hebezeugbetrieb mit dem Ziel, einfache Planungsverfahren für die Auswahl der richtigen Motorgröße aus der Normleistungsreihe der Drehstrom-Asynchronmotoren für Aussetzbetrieb zu gewinnen. Alle Unsicherheiten in der Erfassung der die vielgestaltigen Belastungsaufgaben berücksichtigenden Einflüsse führen erahrungsgemäß ebenso leicht zur Überbemessung des Motors wie auch zur gefährlichen Unterbemessung. Sie zu vermeiden, führt Schiebeler eine ganze Reihe von ihm definierter Kenngrößen ein. Ein „Wechselleistungsfaktor“ berücksichtigt z. B. die Besonderheiten des Lastwechsels, den „Beschleunigungs“- und „Verzögerungsfaktor“ die entsprechenden Einflüsse. Diese und andere mit einer Rechengröße verbundenen Begriffe ermöglichen den Vergleich sehr verschiedenartiger Beanspruchungen der Motoren. Der Berechnung der Bremsen sowie der Steuerungen dient sinngemäß eine Reihe entsprechender Kenngrößen. Auch der Gleichstromantrieb kommt in angemessen kleinerem Umfang zu seinem Recht. Dem Leser, der mit den besonderen Begriffen des Kranbetriebs nicht alle Tage zu tun hat, würde eine Zusammenstellung der charakteristischen Begriffe und ihrer Definitionen am Schlusse des Werkes dienlich sein.

Das Buch bildet einen kurzgefaßten Niederschlag der Lebensarbeit des Verfassers, der in mehr als 40 Berufsjahren die Entstehung dieser Technik erlebt hat und ihre Entwicklung gestalten half. Eine Reihe von Normungsvorschlägen will die Erfahrungen auch der künftigen Entwicklung dienstbar machen. Das Buch spricht den Krankonstrukteur sowie den Konstrukteur und Berechner der Motoren und Steuerungen ebenso an wie den planenden Elektroingenieur, der mit Hebezeugen zu tun hat.

L. Lebrecht

DK 621.314.5/.6 (023.3)

**Stromrichtertechnik.** Von Dr.-Ing. habil. Walter Schilling. Mit 144 S., 144 B., 1 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis kart. DM 14,80.

Die Stromrichtertechnik gliedert sich in 2 Problemgruppen. Einer Gruppe gehört die Technik der Ventile an, der sich in neuerer Zeit die Technik der Kontaktgeräte mechanischer Stromrichter hinzugesellt. Der anderen Gruppe wird die Technik der Stromkreise zugeordnet, zur Unterscheidung

von der ersten Gruppe häufig „Elektrotechnik“ genannt in Verkennung der Tatsache, daß man zwischen einem physikalischen und einem elektrotechnischen Teil besser nicht unterscheidet.

Schillings Buch behandelt vorwiegend den zweiten Teil und geht auf die Probleme der Ventiltechnik nur so weit ein, als es zum Verständnis des Stoffes erforderlich ist. Die Arbeit ist systematisch aufgebaut mit bewußter Beschränkung auf die Elemente mathematischer Behandlung unter dem Gesichtspunkt, daß einführende Betrachtungen im Interesse des Überblicks auf präzise Detailbehandlungen verzichten müssen. In dieser Weise werden mechanische und Ventilegleichrichter, Wechselrichter und Umrichter einschließlich der Transformatoren und Schaltungen sowie einschließlich grundsätzlicher Fragen der Anwendung besprochen.

Als Einführung in das Gebiet der Stromrichtertechnik füllt das Buch, umfassend im Stoff, begrenzt in der Behandlung, eine Lücke aus.

L. Lebrecht

DK 621.313.2 (023.3)

**Gleichstrommaschinen.** Von Dr.-Ing. Franz Moeller (Bd. II, Teil 1 d. Leitfaden der Elektrotechnik; Hrsg. Moeller-Werr). 4. Aufl. Mit 136 u. VIII S., 82 B., Format 16×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1950. Preis Hlw. DM 6,10.

Unter Teubners Fachbüchern für Maschinenbau und Elektrotechnik ist der Band über Gleichstrommaschinen neu aufgelegt worden. Umfang und Inhalt sind praktisch wie früher geblieben. Leider ist auch in die vierte Auflage ein Druckfehler übernommen worden, der sich schon in der zweiten Auflage findet. Im Abschnitt über Ankerwicklungen muß es in der Zahlentafel über Ausführbarkeit der Wellenwicklungen unter  $2p = 16$  und  $2a = 4$  heißen:  $u = 3$  u. 5, nicht  $u = 4$ , denn hiermit wird die zwei Seiten vorher angeführte Symmetriebedingung  $N/a =$  ganzzahlig nicht erfüllt.

Die klare Darstellungsweise des Verfassers erleichtert das Studium, die scharfe Gliederung des Stoffes und das neu angewendete Verfahren, den Bildern die Nummer der Seitenzahl zu geben, ermöglichen ein schnelles Zurechtfinden. Moeller spricht aus praktischer Erfahrung, wenn er in seinem Vorwort sagt, daß „die Gleichstrommaschine dank ihrer vielen guten Eigenschaften eine der wichtigsten elektrischen Maschinen geblieben ist.“ Daher wird das neu aufgelegte Fachbuch weiterhin vielen Studierenden und werktätigen Ingenieuren ein willkommener Wegweiser für den Gleichstrommaschinenbau sein.

Es wäre zu begrüßen, wenn in der nächsten Auflage noch ein Abschnitt über Verstärkermaschinen (Amplidyne, Rototrol) hinzugefügt würde, über jene Weiterentwicklung der Gleichstrommaschine für schnelle Steuerungen von Antrieben und Regelungen großer Drehstromgeneratoren.

M. Zorn

DK 621.313.1 (022.4)

**Elektrodynamische Starkstrommaschinen.** Von A. Grabner. Mit 570 S., 329 B., Format 14×21 cm. S. Hirzel Verlag, Zürich 1950. Preis Hlw. sfrs. 18,—.

Von dem zu Ende des Krieges erschienenen Buche von Grabner liegt jetzt bereits die zweite Auflage vor. — Nur einem so erfahrenen Fachmann wie Dr. Grabner, der selbst viele Jahre in der Praxis stand, war es möglich, das große Gebiet des Elektromaschinenbaus in knappster Form in einem einzigen Band zu behandeln.

Nach einer gründlichen Einführung in die elektromagnetischen Grundlagen und die verschiedenen Wicklungsanordnungen wird der Studierende in den folgenden Abschnitten mit dem Aufbau, der Wirkungsweise und Berechnung der verschiedenen elektrodynamischen Starkstrommaschinen vertraut gemacht. In einigen ausgezeichneten Berechnungsbeispielen, in denen der erfahrene Praktiker auch auf die wirtschaftliche Maschinengestaltung beim Entwurf der Maschinen eingeht, wird der Berechnungsgang ausführlich gezeigt.

Aber auch für den Fachmann gibt das Buch trotz der gedrängten Form eine Reihe wertvoller Anregungen. Wohl in keinem der bisher erschienenen Bücher des Elektromaschinenbaus ist so eingehend auf die Frage der Drehmomentbildung bei den verschiedenen Maschinenarten eingegangen worden. Das genaue Erfassen der räumlichen und zeitlichen Lage der Maschinenfeld- und Stromvektoren gibt



einen tiefen Einblick in die Drehmomentbildung und die gesamte Wirkungsweise im Betrieb. Hier erkennt man die gediegene alte Wiener Schule mit ihrem Altmeister Pichelmayer. Die Darstellung mit Orts- und Zeitdiagrammen ist besonders bei den verwickelten Vorgängen mehrfach und mehrschichtig erregter Maschinen von größtem Vorteil, vor allem bei den Kollektormaschinen für Wechselstrom. Oft bisher nur aus der praktischen Erfahrung oder unter Zuhilfenahme von Ersatzbildern gefundene Deutungen über das Verhalten der Maschinen bei verschiedenen Betriebszuständen ergeben bei genauer Verfolgung der vom Verfasser gezeigten Raum- und Zeitdiagramme ganz verblüffend klare und eindeutige Lösungen. Es ist für den Fachmann lohnend, sich in diese bisher vielleicht weniger geläufige Darstellungsweise stärker zu vertiefen. Sie bildet eine wertvolle und würdige Ergänzung im Geiste der grundlegenden Arbeiten von Pichelmayer und Kittler-Petersen.

Bei einer Neuauflage des Buches wäre die Verwendung der Verhältniswertrechnung, wie sie heute in der Praxis bei der Maschinenberechnung fast schon allgemein gebräuchlich ist und wie sie sich auch an den Hoch- und Fachschulen eingebürgert hat, von außerordentlichem Vorteil. Dadurch wird die Übersicht und die Sicherheit in der Rechnung wesentlich erhöht.

J. Tittel

DK 621.315.616 (023.3)

**Plastics for Electrical and Radio Engineers.** Von W. J. Tucker u. R. S. Roberts. Mit 167 S., 28 B., 18 Taf., Format 15×22 cm. The Technical Press Ltd., London 1947. Preis Glw. sh 15,—.

Das Buch von Tucker und Roberts über Kunststoffe bietet nicht allein dem Studierenden eine leichtfaßliche Einführung, sondern kann auch dem Praktiker als verlässlicher Ratgeber in Fragen der Verarbeitung und Anwendung der verschiedenen Kunststoffe empfohlen werden. Kapitel I vermittelt in meisterhafter Prägnanz die für das Verständnis der folgenden Kapitel wesentlichen Grundbegriffe der makromolekularen Chemie und der Bauprinzipien der Kunststoffe. Kapitel II gibt einen allgemeinen Überblick über die Eigenschaften der gebräuchlichen Kunststoffe unter besonderer Berücksichtigung der für die Hochfrequenztechnik maßgebenden technischen Entwicklung. Kapitel III ist der Definition der elektrischen Bestimmungsgrößen sowie der Besprechung der elektrischen Feinmessungen von Kunststoffen in Anlehnung an die britischen Normen gewidmet. Erwünscht wäre es, bei Besprechung der Scheringbrücke die Anwendung des visuellen Abgleichs mit einer über einen Verstärker an die Brückendiagonale angelegten Braunschne Röhre als Indikator zu erwähnen, desgleichen die zur Bestimmung der DK und des tg  $\delta$  von Boltzmann und Lertes vorgeschlagene elektrische Mikrowaage<sup>2</sup>. In Kapitel IV werden knapp gefaßte Richtlinien für eine passende Stoffwahl gegeben. Kapitel V behandelt die Verarbeitung der warmhärtenden und warmplastischen Kunststoffe. Kapitel VI bringt eine knappe Zusammenfassung der Konstruktionsrichtlinien für Kunstharzpreßteile, ohne auf den Bau der Preßformen selbst näher einzugehen. In Kapitel VII werden die bei Nieder- und Hochfrequenzspulen zur Leiterisolation und Spulenimprägnierung angewandten Kunststoffe und Imprägnierverfahren erörtert. Weitere Ausführungen sind den Isolierwachsen und -lacken für den Hochfrequenzspulen- und -kondensatorenbau sowie den Kunstharzen als Schutzüberzug auf Holz- und Metallteilen gewidmet. Über die Verwendung von Kunststoffen und Naturölen zur Herstellung von Lackdrähten, Lackschläuchen und in der Kabelfabrikation gibt Kapitel VIII Aufschluß. Besonders wird der Einfluß von Temperatur, Feuchtigkeit und Azidität des Lösungsmittels, der Imprägnierungsart und Maßhaltigkeit der Güteeigenschaften von Radiogeräten erwähnt. Von den in der Kabelfabrikation verwendeten Kunststoffen sei die Anwendung von Polythen zur Herstellung von Tenaplast-Kabeln für Hochfrequenzgeräte besonders hervorgehoben. Zahlreiche Eigenschaftstabellen und Atteste bieten eine willkommene Bereicherung des Textes und ersparen namentlich dem deutschen Leser manchen Zeitverlust. Sehr erfreulich wäre es, wenn der Neuauflage ein knapp gefaßtes Literaturverzeichnis angefügt würde. Die Ausstattung des Buches ist vorzüglich.

A. Schwarz

<sup>1</sup> vgl. R. Vieweg u. Th. Gast: Kunststoffe 34 (1944) S. 22.  
<sup>2</sup> vgl. E. Alpers u. Th. Gast: Kunststoffe 38 (1948) S. 230.

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Prometheus-Handbuch.** 2. Aufl. Hrsg. Voigt & Haefner AG., Zwickau. Mit 127 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15×21 cm. Preis kart. 7,50 DM, bei Bestellung über den VDE-Verlag 5,— DM.

[Dieses Buch behandelt umfassend die Backerrohre. Eingangs werden Aufbau, Ausführung, Werkstoffe, Verwendbarkeit, Herstellung und Prüfung der Rohre beschrieben. Dann folgt ein ausführlicher Abschnitt „Berechnung“, der praktisch die Grundlagen der Wärmelehre enthält und durch viele eingestreute Zahlenbeispiele leicht verständlich und anschaulich gestaltet ist. Eine große Zahl von Tabellen und Kurventafeln helfen dem Berechner von Elektrowärmegegeräten wertvolle Unterlagen zu beschaffen. Zum Schluß werden viele Voigt & Haefner-Geräte abgebildet, in denen Backerrohre verwendet werden.]

**Stahlrohrmaste.** Hrsg. Rheinische Röhrenwerke AG., Mülheim-Ruhr. 1950. Mit 144 S., zahlr. B. u. Taf., Format 13×18 cm.

[Dieser hübsche Firmenkatalog zeigt, wie vielseitig Stahlrohrmaste angewendet werden können. Den Elektrotechniker interessieren besonders die Licht- und Leitungsmaste. Das Buchlein berichtet über die Berechnung und Fertigung der Maste und zeigt in zahlreichen Tabellen und Bildern die Ausführungsformen.]

**Vereinfachung der industriellen Produktion.** Berichte einer englischen Studienkommission über ihre Erfahrungen in USA und in England. Hrsg. Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft. Heft 4. Mit 60 S., Format 16×24 cm. Carl Hanser-Verlag, München 1951. Preis kart. 1,— DM.

**Relaisbuch.** Bearb. v. Dr.-Ing. M. Walter, 4., erw. Aufl. Hrsg. Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke. Mit 308 S., 190 B., Format 16×24 cm. Francksche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis kart. 20,— DM.

**Der Kurzwellenamateur.** Von Karl Schultheiss. Mit 272 S., 161 B., Format 13×20 cm. Francksche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis Hlw. 8,50 DM.

**Annuaire de Société Française des Electriciens, 1951.** Mit 260 S., Format 13,5×21 cm. Imprimeur — Editeur Gauthier-Villars, Paris 1951.

**Die Rolle Österreichs in einem europäischen Verbundnetz.** (Das Spannungsnetz). Von Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Günter Oberdorfer. Mit 100 S., 3 Taf., Format 13×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. 4,80 DM.

**Die Rolle des Geistes in der Nachrichtentechnik.** Von Prof. Dr. Dr. P. Piloty. Mit 16 S., Format 15×23 cm. Leibniz Verlag, München 1950.

**Gas-Verkauf, Gas-Geräteverkauf.** Von Dr. W. Wolff. Mit 38 S., 60 B. u. Taf., Format Din A 5. Vulkan-Verlag Dr. W. Classen, Essen 1950. Preis Hlw. 18,60 DM.

**Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Prof. Dr. Ing. habil. Heinz Schönfeld. Mit 258 S., 296 B., Format 17×24 cm. Hirzel Verlag, Leipzig 1951. Preis geb. 19,— DM.

**Taschenbuch der Fernsprechnebenstellenanlagen.** Von Kurt Hahn. Mit 195 S., 58 B., Format 11,5×18,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 7,80 DM.

**Elektrotechnische Sprechstunde.** Von Dipl.-Ing. A. G. Arndt. 2., überarb. Aufl. Mit 247 S., 121 B., Format 15×21 cm. Carl Hanser Verlagshandlung, Halle a. S. 1951. Preis geb. 8,50 DM, geb. 10,— DM.

**Fachkunde für Elektriker.** Teil 4, Ausg. B: Fachrechnen. Von Dr. Blatzheim. (Dümmers Fachbücherei). 12. Aufl. Mit 93 S., 37 B., Format Din A 5. Ferd. Dümmers Verlag, Bonn 1951. Preis kart. 3,80 DM.

## Berichtigung

Durch einen Satzfehler im Aufsatz „Zur Definition des Schiefkastens von Drehstromgeneratoren“ in Heft 8 der EZ 72, S. 229, rechte Spalte, ist die 25. Zeile v. u. falsch wiedergegeben. Sie muß lauten:

Prüft man beispielsweise eine garantierte Schiefkastens-

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. phil. W. Hofmeier, Bonn-Duisburg, Bundesministerium für Wirtschaft.

Prof. Dr.-Ing. L. Lebrecht, Technische Hochschule Darmstadt.

Prof. H. Ott, Karlsruhe, Karl-Schremp-Str. 15.

Obering. M. Pöhler, Accumulatoren-Fabrik AG, Frankfurt a. M.

Obering. K. Ruppert, Berlin-Rudow, Schönfelder Str. 68.

Prof. Dr. Voigt, Kelkheim-Taunus, Haus Taunusblick 22.

Diesem Heft liegen bei: ein Prospekt „F & G-Kleinverschlus“ der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk AG, Köln-Mülheim, ein „Auswahl-Lagerliste 112“ der Firma Kurt Menzel, Elektro-Motoren-Generatoren, Berlin NW 87, und ein Prospekt des Springer-Verlages, Berlin, über „Neue elektrotechnische Bücher“.

Abschluß des Heftes: 27. April 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der EZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 177. Verlag: VDE-Verlag GmbH, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 17, Postfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 48. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH, wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 1144, Köln, DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj.) zuzügl. Zustellgebühr. Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 1. Juni 1951

Heft 11



## Geleitwort

### zur Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Von Oberbürgermeister Weber, Hannover

Die Stadt Hannover heißt die Teilnehmer an der Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker herzlich willkommen.

Bei den Anstrengungen um den Wiederaufbau unseres schwer getroffenen Vaterlandes nimmt die Elektrotechnik nicht nur eine in viele Gebiete reichende, bedeutende Stellung ein, sondern sie hat auch sehr aner kennenswerte Beiträge zum Wiederaufbau der deutschen Industrie und der deutschen Wirtschaft geleistet. Sie hat die wesentlichsten Voraussetzungen und Grundlagen dafür geschaffen, daß viele andere Industriezweige ihre Arbeit überhaupt aufnehmen und später immer mehr erweitern konnten. Ganz besonders erfolgreich ist die deutsche Elektroindustrie in ihren Bemühungen um eine Steigerung ihres Exportes gewesen. Trotz schwerer ausländischer Konkurrenz und der vielen Lehren, denen die deutsche Ausfuhr noch unterworfen ist, hat sie sich wieder zu einem der exportintensivsten deutschen Industriezweige entwickelt. Das ist in erster Linie auf ihre große Leistungsfähigkeit zurückzuführen, die in der fortschrittlichen Forschungstätigkeit der Elektrotechnik und dem hohen Leistungsstand der Elektrotechniker begründet ist. Ihr Verdienst ist es, die Voraussetzungen dafür ge-

schaffen zu haben, daß die Erzeugnisse der deutschen Elektroindustrie den Wettbewerb auf den Märkten der Welt nicht zu scheuen brauchen.

Auch die Technische Hochschule in Hannover hat durch ihre Tätigkeit als Stätte der Forschung und der Lehre auf dem Gebiete der Elektrotechnik stets ihr Ziel darin gesehen, die Bemühungen um den Fortschritt dieses Zweiges der für die deutsche Wirtschaft so bedeutenden Wissenschaft nach Kräften zu unterstützen und zu fördern.

Die Stadt Hannover hat mit der Deutschen Industriemesse eine Einrichtung geschaffen, die dazu beitragen soll, auch den Erzeugnissen der Elektrotechnik und der Elektroindustrie den Weg zu den Märkten der Welt bahnen zu helfen.

Für die bedeutende Tagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker wird die Stadt Hannover ihre Mittel einsetzen, um ihr einen würdigen Rahmen zu geben und zu ihrem Teil zu einem guten und erfolgreichen Verlauf beizutragen. Darüber hinaus hoffen wir, daß sich alle Teilnehmer dieser Tagung in unserer Stadt wohlfühlen und gern an ihren Aufenthalt in Hannover zurückdenken werden.

## Hannover und die Elektrotechnik

Von K. Humburg, Hannover

Wenn man über Hannovers Beitrag zur Entwicklung der Elektrotechnik sprechen soll, müßte man zunächst des Altmeisters der Deutschen Elektrotechnik, Werner von Siemens, gedenken, dessen Leben am 13. 12. 1816 vor den Toren der Stadt Hannover auf dem Gutshof zu Lenthe seinen Anfang nahm. Aber Siemens verließ Lenthe schon in jungen Jahren und hatte später keinen Anlaß, die Beziehungen zu seiner Geburtsstätte zu erneuern. So sind seine weltbewegenden Leistungen mit den Namen anderer Orte, insbesondere Berlins, verknüpft.

Die ersten Anfänge einer elektrotechnischen Industrie in Hannover finden wir deshalb erst sehr viel später, etwa in den Jahren 1890 ... 1895. Damals gründete F. Uppenborn, ein gebürtiger Hannoveraner, der spätere Schriftleiter des Zentralblattes für Elektrotechnik und der Elektrotechnischen Zeitschrift, dessen Name auch durch das Uppenborn-Kraftwerk in Moosburg bei München der Nachwelt erhalten geblieben ist, in Hannover eine Fabrik für Dynamomaschinen und Elektromotoren. Diese Fabrik ging später in andere Hände über und hatte kein langes Leben. Ungefähr gleichzeitig nahm auch die Maschinenfabrik Gebr. Körting den Bau elektrischer Maschinen auf. In dieser Firma wirkte einige Jahre Georg Dettmar, der spätere Generalsekretär des VDE und Professor an der T. H. Hannover. Auch Körting gab den Bau elektrischer Maschinen nachher bald wieder auf. Noch heute aber besteht ein kleineres damals gegründetes Fabrikationsunternehmen, die Firma W. Adler, Fabrik elektr. Apparate. Ebenso besteht heute noch eine Firma, die 1895 in Hannover gegründet wurde, nämlich die C. A. Schaefer KG., deren Abteilung Hellux insbesondere für die Straßenbeleuchtung vorbildliches geleistet hat und die trotz schwerer Kriegsschäden heute wieder in vollem Betrieb ist.

Schon einige Jahre vorher war die Telephonfabrik J. Berliner entstanden. Sie gründete auch Zweigniederlassungen in Wien, Paris und London und nannte sich seit 1898 Telephonfabrik AG., vormals J. Berliner. Das Werk wurde im Jahre 1912 in der Hauptsache nach Berlin verlegt. Die in Hannover zurückgebliebene Abteilung ging 1928 im Zuge der Zusammenlegung der deutschen Schwachstromindustrie an Mix & Genest über; kurz danach übernahm dieselbe Firma auch das Berliner Werk. Der Direktor der Telephonfabrik Jakob Berliner war auch der Gründer der Hackethal-Draht- u. Kabelwerke in Hannover. Er schloß im Jahre 1898 mit dem Telegraphendirektor a. D. Louis Hackethal einen Vertrag, wonach dessen Erfindung wirtschaftlich ausgenutzt werden sollte. Hackethals Erfindung betraf die Tränkung baumwollisolierter Telegraphendrähte mit Mennige. Mennige haftet fest an der rauhen Fläche der umspinnenden Drähte, erhärtet an der Luft sehr schnell und gibt selbst mit minderwertigen Fasern eine sehr widerstandsfähige Isolierung. Nach einer gründlichen Erprobung des „Hackethaldrathes“ in den Werkstätten der Telephonfabrik Berliner wurde im Jahre 1900 die Hackethal-Draht-GmbH. gegründet. Die ersten kleinen Werkstätten in einem Hause in der Nikolaistraße im Zentrum der Stadt wurden 1905 durch einen Neubau an der Stader Landstraße ersetzt, wo sich die Fabrik noch heute befindet. Sie nahm damals auch die Fabrikation von gummiisolierten Leitungen und von Bleikabeln auf. Obwohl sie im zweiten Weltkrieg fast völlig zerstört wurde, ist sie heute wieder eines der bedeutendsten industriellen Werke in Hannover.

Auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik sind in Hannover nach dem letzten Kriege zwei bedeutende Betriebe entstanden, nämlich die Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegrafie mbH. und die C. Lorenz AG. Beide Firmen hatten kurz vor dem Kriege gemeinsam die Apparatefabrik Huth gegründet, welche zunächst in gemieteten Räumen in der Spinnereistraße, später in einem eigenen neuen Fabrikgebäude an der

Göttinger Chaussee Geräte für die Wehrmacht nach Modellen der beiden Gründerfirmen baute. Nach dem Kriege übernahmen diese beiden Firmen je einen Teil der Fabrikanlagen an der Göttinger Chaussee. Die Firma Telefunken, dem Konzern der AEG angehörig, baut hier vor allem Rundfunkgeräte, während die Firma Lorenz, dem Standardkonzern angeschlossen, Fernschreibmaschinen und Apparate für postalische Zwecke baut.

Vielleicht noch wichtiger als die elektrotechnische Industrie sind in Hannover die Stromversorgungsunternehmen. Die älteste von ihnen ist das Städt. Elektrizitätswerk Hannover, welches schon 1890 entstanden ist, damals auf Rat Prof. Kittlers als reines Gleichstromwerk. Ein Schüler Kittlers, Gusinde, übernahm die Bauleitung. Das Werk wurde in der Osterstraße mitten in der Stadt auf einem Hintergelände errichtet, während das Vorderhaus die Büroräume aufnahm. Es konnte nur den Stadtkern mit Strom versorgen. Die weiter außen liegenden Wohn- und Geschäftshäuser mußten weiter die Gasbeleuchtung benutzen. Aber auch der Betrieb des Werkes machte Schwierigkeiten. Die Kohlenzufuhr vom Güterbahnhof durch die Stadt war teuer und umständlich, und die Akkumulatortankbatterien nahmen viel Platz in Anspruch. Unter Gusindes Nachfolger, Prücker, wurde deshalb im Jahre 1901 in Herrenhausen am Rande des Stadtgebietes ein Drehstromwerk errichtet. Dort konnten die Kohlen durch einen Bahnanschluß ins Werk gebracht und später nach Eröffnung des Mittellandkanals auf dem Wasserwege bis nahe an das Werk herangeführt werden. Im alten Werk an der Osterstraße wurden der Kessel und Dampfmaschinen entfernt und dafür zwei Umformer aufgestellt, welche den Kern der Stadt noch lange mit Gleichstrom versorgten. Das Drehstromwerk Herrenhausen wurde in den folgenden Jahrzehnten immer weiter vergrößert und vervollkommen. Die Kesselanlage, die ursprünglich für 12 atü und 400 °C bemessen war, wurde im Jahre 1940 ergänzt durch 4 Hochdruckkessel für 60 atü und 500 °C mit moderner Unterwind-Zonen-Wanderrost-Feuerung. Im Jahre 1950 kamen zwei weitere Hochdruckkessel mit Kohlenstaubfeuerung hinzu, so daß jetzt die alten Mitteldruckkessel jede Bedeutung verloren haben und nur noch zur Spitzendeckung mit herangezogen werden. Die Maschinenanlage wurde allmählich auf eine installierte Leistung von 90 000 kVA gebracht. Die Schaltanlage, ursprünglich nur für die Maschinenspannung von 5000 V gebaut, wurde schon vor langer Zeit durch eine 30 kV-Schaltanlage ergänzt. Das 30 kV-Netz speist eine Anzahl in der Stadt verteilter Unterstationen.

Neben dem Städt. Elektrizitätswerk bestand in Hannover schon in sehr früher Zeit eine eigene Stromversorgungsanlage der Straßenbahn. Die Straßenbahn baute um die Jahrhundertwende mehrere Linien in die weitere Umgebung von Hannover. Da lag es nahe, daß die an der Strecke liegenden Ortschaften auch von der Straßenbahn mit Strom versorgt wurden. Es entstand die „Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover AG.“. Auch heute, nachdem die Straßenbahn sich wieder auf ihre ursprüngliche Aufgabe der Bedienung des Nahverkehrs zurückgezogen hat, ist diese Firmenbezeichnung erhalten geblieben. Der Stromversorungsbetrieb wurde im Jahre 1929 vom Straßenbahnbetrieb getrennt und mit dem Überlandwerk Braunschweig vereinigt zur Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-AG, welche später noch eine Reihe weiterer Bezirke in ihren Arbeitsbereich aufnahm und heute einen erheblichen Teil des Landes Niedersachsen mit Strom versorgt.

Die Hastra betreibt heute keine eigenen Kraftwerke, sondern bezieht den Strom aus dem Netz der Preußischen Elektrizitäts-AG. (Preag). Diese entstand im Jahre 1927 durch die Zusammenfassung aller dem Preußischen Staat gehörenden Interessen und Anlagen der Stromversorgung im Gebiet

heutigen Bundesländer Hessen und Niedersachsen. Einige Jahre vorher, im Jahre 1923, hatte der Preußische Staat am Mittelandkanal in Ahlem, vor den Toren Hannovers, nur 1 km vom Städtischen Werk in Herrenhausen entfernt, ein „Großkraftwerk Hannover“ gebaut mit einer installierten Leistung von 40 000 kW, die später auf 52 000 kW erweitert wurde.

Weitere zur Versorgung des süd-niedersächsischen Raums dienende Kraftwerke der Preag entstanden in größerer Entfernung von Hannover, in Rhumspringe am Südharz und Lahde bei Minden an der Weser. Sie sind heute imstande, nicht nur das engere Versorgungsgebiet zu beliefern, sondern auch benachbarte Gebiete mit ungenügender Leistungsbietung zeitweise zu unterstützen.

Hierzu steht ein Netz von 220 kV-Leitungen zur Verfügung, welches im niedersächsischen Raum zwei wichtige Stützpunkte hat, in Ahlten bei Lehrte und in Bierde beim Kraftwerk Lahde. In Ahlten kreuzt die Nord-Süd-Leitung Beck-Hannover-Kassel, die über Frankfurt auch Verbindung mit den bayrischen Wasserkraftwerken hat, die Ost-West-Leitung Helmstedt-Ruhrgebiet, deren Verbindung mit der Ostzone z. Zt. allerdings nicht benützt wird. Im Westen verläuft diese Leitung zunächst nach Bierde, von wo sie Verbindung mit dem Netz des RWE hat.

In einer noch so kurzen Skizze über Hannovers Bedeutung für die Elektrotechnik darf auch die Technische Hochschule Hannover nicht unerwähnt bleiben. Hier wirkte seit 1884 Professor Wilhelm Kohlrausch. Er war, wie die meisten damals berufenen Professoren der Elektrotechnik, aus der Physik hervorgegangen. Seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Theorie des Akkumulators beruhten auf dem der Korrosionsbekämpfung lassen noch die ursprüngliche physikalische Richtung erkennen. Aber seine wissenschaftliche Einstellung zeigte sich sofort darin, daß er als Lehrer an der Hannoverschen Hochschule ein Laboratorium für Maschinenbetrieb einrichtete. Mit Energie und Humor erregte er die Einwendungen seiner Kollegen gegen die dadurch verursachte Ruhestörung zurück. Sein Grundsatz war, die eigenen Arbeiten im Laboratorium den Studenten viel wichtiger zu fördern als Vorlesungen. An der elektrotechnischen Abteilung der Technischen Hochschule Hannover ist dies seit jeher und noch bis heute der Laboratoriumsbetrieb mehr betont worden, als an den meisten anderen deutschen Technischen Hochschulen.

An weiteren Dozenten für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Hannover sind zu nennen: Carl Heim, zunächst Sondervorlesungen über verschiedene Gebiete der Elektrotechnik hielt und später vor allem über elektrische Maschinen und elektrische Anlagen vortrug, Erich Beckmann, der seit 1901 über Meßkunde und seit 1921 über Fernmeldetechnik dozierte, und Georg Dettmar, der nach längerer Tätigkeit als Generalsekretär des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1921 als Nachfolger des Instituts für elektrische Anlagen übernahm und das Institut für Elektrowärmetechnik gründete. Heute wirken an der Technischen Hochschule Hannover Professor Hans Schering auf dem Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Hochspannungstechnik, Professor Karl Hummer auf dem Lehrstuhl für elektrische Maschinen und Professor Hans Schönfeld auf dem Lehrstuhl für Fernmeldetechnik und Hochfrequenztechnik.

Die Technische Hochschule Hannover hat durch den Krieg schweren Schaden erlitten. Das Institut für elektrische Anlagen und das Institut für Fernmeldetechnik waren in den ersten Kriegsjahren ausgelagert nach Lautenthal im Harz und nach Hilkerode bei Herzberg am Harz. An diesen Orten konnten die Institute nur in beschränktem Umfang arbeiten. Zweck der Verlagerung, die wertvollen Geräte möglichst vor Kriegseinwirkungen zu schützen, wurde trotzdem nur teilweise erreicht. Nach dem Kriege mußten die verbliebenen Einrichtungen in stark zerstörte Räume zurückgebracht werden, so daß der Institutsbetrieb erst langsam wie-

der anlaufen konnte. Heute sind zwar die Räume noch längs nicht alle wieder aufgebaut, aber der Lehr- und Forschungsbetrieb ist doch in erfreulichem Umfang wieder im Gang.

Vielfach sind die Beziehungen, die den Verband Deutscher Elektrotechniker mit Hannover verbinden. Zu den Gründern des VDE gehört auch die Elektrotechnische Gesellschaft Hannover. Sie war im Jahre 1892 entstanden, wobei schon im Gründungsprotokoll der Anschluß des Vereines an einen zu gründenden Verband in Aussicht genommen wurde. Im folgenden Jahr 1893 kam dann auch die Gründung des Verbandes zustande. Der hannoversche Verein legte anfangs mehr Wert auf gesellige Veranstaltungen und Stiftungsfeste; erst später bekam die Vortragstätigkeit das Übergewicht. Bei Gelegenheit des 6. Stiftungsfestes (1898) wurde am Geburtshaus Werner von Siemens in Lenthe eine Gedenktafel angebracht. Sie ist noch heute dort zu sehen, wird aber leider wenig beachtet, und auch in Fachkreisen ist die Tatsache, daß Werner von Siemens hier geboren wurde, nur wenig bekannt. Ähnliche Gedenktafeln wurden 1903 am Geburtshaus Heinrich Daniel Rühmkorffs in der Roten Reihe und 1929 am Geburtshaus Heinrich Goebels in Springe angebracht. Rühmkorff ist bekannt als Erfinder des Funkeninduktors. Goebel hat bekanntlich viele Jahrzehnte vor Edison die erste elektrische Glühlampe mit Bambusfasern hergestellt.

Zweimal haben bisher Jahresversammlungen des VDE in Hannover stattgefunden, in den Jahren 1899 und 1920. 1899 war das Programm der Jahresversammlung verglichen mit dem heutigen noch nicht allzuviel durch Arbeit belastet. Nur an zwei Vormittagen fanden Versammlungen statt, in welchen nach den geschäftlichen Mitteilungen auch Vorträge gehalten wurden. Sonst aber verzeichnet der Festplan eine Begrüßungsfeier mit Konzert und Aufführungen, ein Sommerfest mit Doppelkonzert und Feuerwerk, eine Korfahrt durch Hannover und ein Festessen. Beschlossen wurde diese Tagung durch einen Ausflug auf den Brocken mit einer „elektrischen Walpurgisnacht“, bei der „Motoren, Dynamos, Hexen, Irrlichter, Scheinwerfer und sonstige Gespenster aus der Fabrik der Herren Gebr. Körting, Körtingsdorf b. Hannover“ auftraten. Damals war Dettmar Vorsitzender der elektrotechnischen Gesellschaft Hannover.

Die Jahresversammlung im Jahre 1920, unmittelbar nach dem ersten Weltkrieg, fand im Rahmen einer „elektrischen Woche“ unter Beteiligung mehrerer anderer Verbände statt. Dettmar war wiederum maßgeblich beteiligt, diesmal als Generalsekretär des Verbandes. Vorsitzender der elektrotechnischen Gesellschaft war jetzt Kohlrausch. Die Arbeitsveranstaltungen fanden diesmal im Alten Rathaus statt, in Räumen, die leider durch den zweiten Weltkrieg zerstört und bis jetzt noch nicht wieder hergerichtet sind. Für die Festveranstaltungen diente teils ebenfalls der alte Rathaussaal, teils die Stadthalle und der Tiergarten. Ein Ausflug nach Minden zur Besichtigung der Überführung des Mittelandkanals über die Weser mit Pumpwerk und Sparschleuse beschloß die Tagung.

Wenn jetzt, nach 31 Jahren, die Jahresversammlung des VDE wieder einmal in Hannover tagt, wird sie wesentlich veränderte Verhältnisse vorfinden. Trotz Kriegszerstörungen und wirtschaftlichem Zusammenbruch nach dem Kriege ist die Elektrotechnik in Hannover in allen ihren Sparten, Industrie, Stromversorgung, Hochschule, wieder auf voller Höhe. Den Teilnehmern kann und wird viel gezeigt werden, soviel, daß leider keiner alles hören und sehen kann. Die Tagesordnung ist, sowohl was die Fachvorträge wie auch was die Besichtigungen und Exkursionen betrifft, einer reichhaltigen Speisekarte zu vergleichen, aus der jeder Gast jeweils nur wenige Gerichte aussuchen kann. Die elektrotechnische Gesellschaft Hannover entbietet den Teilnehmern an der Jahresversammlung ihren Gruß und hofft, daß jeder auf seine Kosten kommen und später mit Befriedigung auf die dritte hannoversche Tagung zurückblicken wird.

## Tätigkeitsbericht des VDE für 1950/51

Von F. Lauster, Frankfurt a. M.

Seit der VDE-Jahresversammlung in Köln ist ein Jahr verflossen, das der inneren Ordnung und Festigung des Verbandes gewidmet war. Es begann mit der örtlichen Zusammenlegung aller Dienststellen des VDE, die im Juni 1950 in ihren neuen Räumen in Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, einen endgültigen Sitz fanden. Ein Stockwerk von etwa 800 m<sup>2</sup> Grundfläche, von denen knapp 50% auf die Prüfstelle entfallen, steht zur Verfügung, so daß die hauptamtlichen Kräfte, die in den Nachkriegsjahren viele Opfer auf sich nehmen mußten, nun unter geordneten Arbeitsbedingungen ihren Aufgaben nachgehen können.

Auch die finanzielle Lage des Verbandes konnte soweit geordnet werden, als die dringendsten außerordentlichen Aufgaben durch eine einmalige Spendenaktion der korporativen Verbandsmitglieder einigermaßen abgedeckt werden konnten und die ordentlichen Ausgaben durch Eingang von Beiträgen und Gebühren zum größten Teil ausgeglichen wurden. Leider steht die Geschäftsstelle vor ersten Problemen, falls die augenblickliche Preis- und Lohnerhöhungswelle keinen baldigen Stillstand erfährt. Es muß an das Verständnis der Mitglieder für diese Situation appelliert werden, falls trotz ersten Bemühens und größter Sparsamkeit eine Erhöhung der Beiträge und Gebühren zu gegebener Zeit notwendig wird.

Die Vermögenslage des Verbandes erfuhr dadurch eine Klärung, daß das bisher beschlagnahmte Berliner Vermögen des ehemaligen VDE ab 1. 4. 51 in deutsche Hände überging und von dem Elektrotechnischen Verein Berlin verwaltet wird.

Auch dem Verbandsschrifttum kommt eine Neuregelung zugute, die ab Dezember 1950 im VDE-Verlag Platz griff. Die Anteile des Verlags gingen restlos in die Hände des VDE über. Inzwischen erschien der erste Teilband des VDE-Vorschriftenwerkes. Zwei weitere Teilbände werden noch im Laufe des Jahres 1951 folgen. Die rückständigen Fachberichte für 1949 und 1950 konnten herausgegeben und ein VDE-Mitgliederverzeichnis zu dieser Jahresversammlung vorgelegt werden.

Neben dem „Elektrotechniker (ELT)“, der dem Praktiker und Installateur usw. dienen soll, stellte die „Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)“ das traditionelle Verbandsorgan und damit auch das wesentlichste Verlagsobjekt des VDE-Verlags dar. Trotz einer Papierpreiserhöhung von wenigstens 130% gelang es dem VDE-Verlag, den Bezugspreis der ETZ unverändert zu halten, obgleich dieser schon sehr niedrig lag.

Während die Schaffung dieser inneren Ordnung des VDE im wesentlichen die Aufgabe des Generalsekretariats war, konnte sich die Vorschriften- und Prüfstelle in hohem Maße einer gesteigerten Aufbau-Tätigkeit widmen.

Von der VDE-Vorschriftenstelle werden z. Zt. 27 Kommissionen, 48 Arbeitsausschüsse und zwei weitere Ausschüsse (Technischer Ausschuß und Deutscher Ausschuß für CEE-Fragen), d. h. insgesamt 77 Ausschüsse betreut, in denen rd. 500 Fachkollegen nach wie vor ehrenamtlich mitarbeiten und damit dem Verband und der Deutschen Elektrotechnik wertvolle Dienste leisten. Im Durchschnitt mußten bis zu 25 Sitzungstage im Monate wahrgenommen und die Federführung von z. Zt. vier Sachbearbeitern und drei Schreibkräften bewältigt werden. Wenn auch der eine oder andere Interessentenkreis eine schnellere Abwicklung im Vorschriftenwesen sich ersehnt, so mögen die angegebenen Zahlen beweisen, daß der Gesamtheit zweifellos gedient wurde, ohne daß vielleicht der Einzelne einen deutlichen Fortschritt verspürte.

Die geleistete Arbeit findet ihren Ausdruck darin, daß 11 neubearbeitete VDE-Bestimmungen, nämlich VDE 0100U/2.51, 0208/1.51, 0209/1.51, 0210n/2.51, 0250/1.51, 0255/2.51, 0284/1.51, 0472/1.51, 0530d/2.51, 0725U/7.50, 0890/2.51) als Sonderdrucke beziehbar sind, daß

2 weitere VDE-Bestimmungen beraten und geändert wurden und 27 VDE-Bestimmungen nach Beratung außer Kraft gesetzt werden konnten.

Weiterhin erschienen als Sonderdrucke 4 neue VDE-Druckschriften (nämlich: VDE 0020/3.51, 0022/3.51, 0024/2.51, 0134/10.50) und als Entwürfe 6 neubearbeitete VDE-Bestimmungen (nämlich: VDE 0131/1.51, 0127/...51, 0510/...51, 0667/...51, 0671/...51, 0875/...51). Schließlich wurden Änderungen an 21 VDE-Bestimmungen nach Beratung zur Stellungnahme in der ETZ bekanntgemacht.

Der Deutsche Ausschuß für CEE-Fragen, der von der Vorschriftenstelle betreut wird, veranlaßte, daß 9 Arbeitskreise innerhalb bestehender Kommissionen gebildet wurden, die zu den CEE-Bestimmungen soweit Stellung nehmen, als der VDE diese Bestimmungen im Entwurf erhielt. Leider glückte es noch nicht, die bisherige mehr private und beratende Tätigkeit der deutschen Fachkreise zu einer offiziellen Mitgliedschaft innerhalb der CEE umzuwandeln. Es besteht die Hoffnung, daß auch dieser endgültige Schritt in nicht mehr allzuweiter Ferne liegt.

Auch die VDE-Prüfstelle konnte mit dem Einzug in die neuen Räume ihre Tätigkeit wesentlich aktivieren und mit Nachdruck an die Anschaffung der apparativen Einrichtung herangehen.

Im Berichtsjahr wurden Einrichtungen und Geräte im Wert von etwa 35000.— DM in Auftrag gegeben, von denen bereits ein größerer Teil nunmehr in Betrieb ist. Auch die büromäßige Abwicklung konnte trotz des zunehmenden Geschäftsganges reibungslos vonstatten gehen.

Die Anschaffungen können selbstverständlich noch in keiner Weise mit der früheren Ausstattung der VDE-Prüfstelle verglichen werden, sondern werden erst im Rahmen der zur Verfügung stehenden Geldmittel auf den erforderlichen Endzustand gebracht werden müssen. Aus diesem Grund war es auch noch nicht möglich, alle Prüfungen in eigenen Prüffeldern durchzuführen; vielmehr mußte auf die bereitwillige Hilfestellung durch auswärtige Prüfstellen nach wie vor zurückgegriffen werden, die in den Nachkriegsjahren bereitwilligst sich zur Mitarbeit zur Verfügung gestellt hatten. Wir sind diesen Organisationen für ihre Unterstützung zu verbindlichem Dank verpflichtet, hoffen jedoch sie im Laufe des kommenden Jahres schrittweise von dieser Arbeit entlasten zu können, soweit es unsere eigenen Einrichtungen zulassen.

Neben der Einrichtung der Prüfräume wurde auch eine neue Werkstätte in einem Umfang ausgestattet, der es erlaubt, die erforderlichen Prüfeinrichtungen und Hilfsgeräte selbst zu fertigen.

Auch in formaler Hinsicht konnte wieder eine sichere Grundlage für die Arbeiten der Prüfstelle dadurch geschaffen werden, daß die bekannten VDE-Verbandszeichen, insbesondere in Form des Dreiecks und des VDE-Kennfadens wieder patentrechtlich gesichert sind.

Einige Zahlen mögen die Tätigkeit der VDE-Prüfstelle während des Berichtsjahres erläutern. Es gingen rund 50 Anträge ein, von denen sich 94% auf Zeichenprüfung und 6% auf Gutachten bezogen. Nur 15% mußten wegen großer Mängel abgelehnt werden, während der Rest sofort oder nach Behebung einiger Mängel genehmigt werden konnte.

Durch die im Berichtsjahr erteilten Voll- und Teilgenehmigungen erhöht sich die Gesamtzahl aller z. Zt. laufenden Genehmigungen, — d. h. einschließlich der aus früheren Jahren übernommenen Genehmigungen — auf insgesamt etwa 4750. Knapp die Hälfte davon entfällt auf Teilgenehmigungen.

Neben den Prüfungen zählen bekanntlich die laufenden Werkskontrollen zu den wesentlichen Aufgaben der VDE-Prüfstelle. Nachdem im 2. Halbjahr 1950 einige zusätzliche Neueinstellungen möglich waren, konnten sich die Beauftragten vermehrt den Kontrollbesuchen zuwenden, so daß



berichts-jahr eine Steigerung der durchgeführten Kontroll-sichtigungen und Prüfungen um etwa 150% gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen ist. Um den früheren Stand zu erreichen, ist aber noch eine weitere Steigerung erforderlich.

Die Arbeiten der VDE-Prüfstelle sind also wesentlich intensiviert worden. Es ist zu hoffen, daß sie dazu beitragen, den deutschen elektrotechnischen Erzeugnissen ihre alte Anerkennung zu verschaffen.

Mit diesem Bericht verlassen wir ein Jahr der inneren

Konsolidierung des VDE und treten in ein Jahr ein, das der Auswertung geschaffener Grundlagen und Voraussetzungen gilt. Ein Erfolg wird im kommenden Jahr gesichert sein, wenn wiederum den hauptamtlichen Organen des Verbandes die bewährte Schar ehrenamtlicher Mitarbeiter zur Verfügung steht, sei es in Form von Vereinsvorständen, Kommissions- und Ausschuß-Mitgliedern usw. Ihnen sei für ihre rastlose und uneigennützig Tätigkeit am Schluß dieses Berichts ganz besonderer Dank zum Ausdruck gebracht.

## Gasturbinen für Kraftwerke

Von K. Leist, Aachen

DK 621.311.23

**Übersicht.** Die Grundlagen der Gasturbinen-Verfahren, ihre Bauformen und ihre Wirtschaftlichkeitsbedingungen werden kurz zusammenfassend erläutert. Die Vorteile, die die Gasturbine für Anlagen zur Stromerzeugung aufweist, werden an Hand von Vergleichsbetrachtungen mit Dampfkraftanlagen erörtert. Einige interessante Gasturbinen-Kraftwerkstypen, über die Einzelheiten bekannt geworden sind, werden beschrieben. Neben der Ausführung als reine Gas- oder Luftturbine sind in der letzten Zeit eine Anzahl abgewandelter und kombinierter Arbeitsverfahren für den Kraftwerksbetrieb zur Diskussion gestellt worden, auf deren Behandlung jedoch mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum zu Gunsten der Übersicht über die Grundlagen verzichtet werden mußte.

Die Gasturbine ist eine der wenigen Kraftmaschinen, die noch nicht auf eine jahrzehntelange Entwicklung zurückblicken und deren Ausführungsformen und Aussichten daher noch umstritten sind, deren Entwicklungskurve jedoch dadurch noch einen besonders steilen Anstieg aufweist.

### Kritische Betrachtung

Die Beurteilung der Gasturbine hat im Augenblick ein interessantes Stadium erreicht. Nach den augenfälligen Ergebnissen der Flugzeug-Antriebsturbinen in und nach dem Vordringen der Gasturbine in die Erzeugung der Elektrizität ergab sich ein hemmungsloser Optimismus auch bezüglich anderer Anwendungsgebiete, obgleich das Strahltriebwerk von der Grundlast-Großleistungsmaschine eines Elektrizitätswerks sich fast noch mehr unterscheidet, als beispielsweise der Automotor von der Groß-Dieselmachine. Es gilt sowohl für die Ausbildung der Gesamtanlage (Anwendung von Wärmetauschern, Zwischenerhitzern, Mehrturbinenanordnungen usw.), wie auch für die Zielsetzung der Entwicklung in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Einheitsgewicht, Lebensdauer usw. So zeigt sich nun, daß die Erfahrungen, die bei den kurzlebigen Flugzeuganlagen gesammelt wurden, und auch das Tempo ihrer Entwicklung nicht einfach übertragbar sind auf ortsfeste Großanlagen, die in jahrzehntlangem Dauerbetrieb zuverlässig und betriebssicher arbeiten müssen, und daß neuartige Regelungsfragen, Verschmutzungsprobleme, weiter insbesondere die Frage der Benutzbarkeit billiger Brennstoffe und viele andere Aufgaben hinführen.

Vor allem sind die Werkstoffanforderungen bei einer so hohen geforderten Lebensdauer nicht nur viel schwieriger und mit viel größerem Geldaufwand zu befriedigen, sondern auch die Feststellung der zulässigen Beanspruchungswerte, die der Konstrukteur einsetzen kann, erfordert einen ungeheuren Zeitaufwand, ja eigentlich eine Versuchsdauer von der Größenordnung der geforderten Lebensdauer. Dazu kamen neuere Mitteilungen über Korrosionsschäden (hauptsächlich durch Vanadiumverbindungen im Verbrennungsraum). Durch all' diese Umstände entstand an vielen Stellen ein gewisser Rückschlag in den Prognosen, der jedoch teils über das richtige Maß hinauschießt. Wie vielfach bei psychologisch beeinflussten Vorgängen unterliegt die Kritik der Aussichten einer gewissen Wellenbewegung unabhängig von der technischen Entwicklung, welche in zähem, Schritt für Schritt jede weitere Stufe erklimmendem, Aufstieg begriffen ist.

Gewiß ist auf dem Wege der Gasturbinen die Grundlastmaschine eines der letzten und schwierigsten Ziele, die erstrebt werden können, und es wäre verfrüht, besonders in Bezug auf die offene Verbrennungsturbine, wenn man sagen wollte, die Gasturbine als Kraftwerks-Großleistungsanlage ist vorhanden. Aber auch hierfür sind die Aussichten standortbedingt und insbesondere von der geographischen Lage zur Kohle oder zum Öl beeinflusst. Neben der selbstverständlichen Forderung einer ausreichenden Lebensdauer stehen eine Reihe von Vergleichspunkten mit anderen Maschinengattungen im Vordergrund der Beurteilung. Das sind beispielsweise die Wirtschaftlichkeit, Bauvolumen, Fundamente, Gewicht, Erstellungskosten, unterbringbare Grenzleistung, Wartungskosten, Regelbarkeit und Teillastwirtschaftlichkeit, schnelle Betriebsbereitschaft, Verfügbarkeit des Kraftstoffs, Wasserverbrauch usw.

### Ausführungsformen

Die genannten Forderungen werden nun von den einzelnen Ausführungsformen der Gasturbine in unterschiedlichem Maße erfüllt, und die wechselnden Kombinationen von Eigenschaften bei den verschiedenen Arbeitsverfahren, Schaltungs- und Bauarten ergeben unterschiedliche Anwendungsbereiche. Wenn im folgenden eine kurze Übersicht über die hauptsächlichsten Gasturbinenschaltungen gegeben wird, so ist dabei die intermittierend verbrennende Verpuffungsturbine fortgelassen, die, wie beispielsweise die Holzwarthturbine, eine Gleichraumverbrennung in geschlossener Brennkammer durchführt, da diese Bauart durch die großen Erfolge der Gleichdruckturbine in den Hintergrund gedrängt wurde.

Bei den Gleichdruckturbinen, bei denen also eine kontinuierliche Verbrennung bei stetigem Durchfluß durch die Brennkammer mit konstantem Druck stattfindet, werden die offenen und die geschlossenen Arbeitsverfahren unterschieden, außer denen es noch mannigfaltige Prozesse gibt, die die Merkmale beider Grenzfälle in verschiedener Weise kombinieren (Sulzer u. a.).

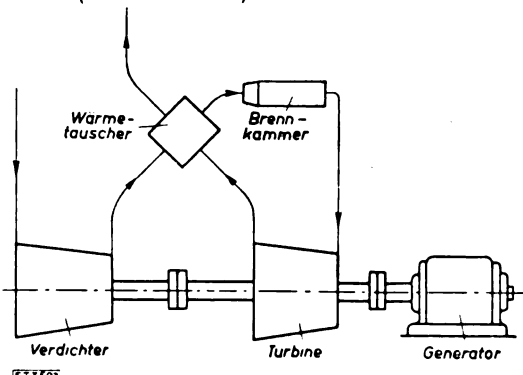


Bild 1. Schema des offenen Arbeitsprozesses.

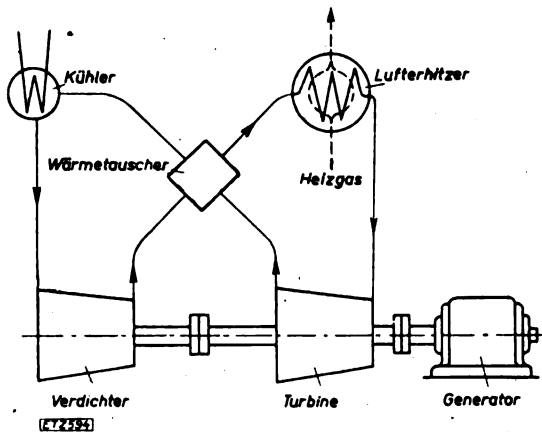
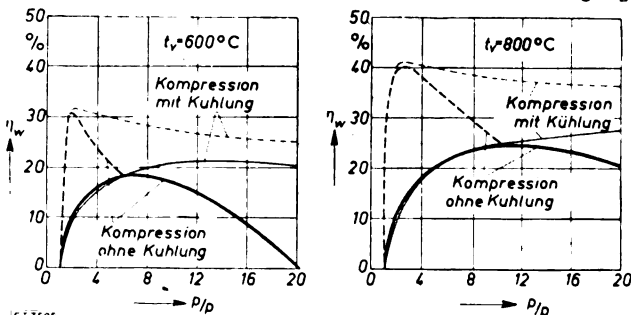


Bild 2. Schema des geschlossenen Arbeitsprozesses.

Beim offenen Arbeitsverfahren (Bild 1) wird Luft aus der Atmosphäre gesaugt, im Kompressor verdichtet, mit Brennstoff verbrannt und der Turbine zugeführt, wo sie expandiert, gegebenenfalls in einem Wärmetauscher die verdichtete Luft aufheizt und dann abströmt. Beim geschlossenen Kreislauf wird die innere Verbrennung ersetzt durch eine äußere, also eine Aufheizung des Arbeitsstoffes (meistens Luft, daher in diesem Falle auch Luftturbine genannt), durch Wände hindurch im sogenannten Lufterhitzer, wobei das entspannte und nicht verunreinigte Medium hinter Turbine und Wärmetauscher in einem Endkühler auf die Ansaugtemperatur heruntergekühlt und dem Verdichter wieder zugeführt wird (Bild 2).

Bezüglich eines Vergleichs beider Bauarten sei kurz erwähnt, daß als Vorteile der offenen Anlagen anzusehen sind: die geringen Baugewichte infolge der kleinen Brennkammern für innere Verbrennung, die größere Einfachheit und die dadurch geringeren Herstellungskosten der Anlage (z. B. geringere Zahl von Wärmetauschern), sowie die bessere Entwicklungsmöglichkeit in Richtung auf höhere Temperaturen, während der geschlossene Kreislauf sich auszeichnet durch Verwendbarkeit jedes Brennstoffes bis zur Stückkohle und zum Torf, durch Fortfall von Verunreinigungen von Verdichter und Turbine, sowie durch besonders gute Wärmeübergangsverhältnisse in den Wärmetauschern. Auch kann bei einem völlig geschlossenen System vorteilhafterweise durch eine Verlegung des ganzen Arbeitsvorganges auf ein höheres Druckniveau (bei Aufrechterhaltung des Druckverhältnisses) infolge Verkleinerung des arbeitenden Volumens das Maschinengewicht gesenkt oder die installierbare Leistung vergrößert werden. Durch einen Wechsel des Druckniveaus und damit des arbeitenden Gewichtes im Betrieb wird eine außerordentlich wirtschaftliche Leistungsregelung möglich (A.K.-Anlage von Escher-Wyss).

Unabhängig von den gewählten Arbeitsverfahren wird die Wirtschaftlichkeit der Gasturbinenanlage sehr stark beeinflusst von den Wirkungsgraden der drei Einzelvorgänge



Turbinenwirkungsgrad:  $\eta_t = 0,85$   
 Verdichterwirkungsgrad (ohne Kühlung):  $\eta_{ad} = 0,85$   
 Verdichterwirkungsgrad (mit Kühlung):  $\eta_{ik} = 0,76$   
 Verbrennungswirkungsgrad:  $\eta_v = 0,9$   
 Druckverlust:  $\Delta p = 0$   
 Temperaturdifferenz im Wärmetauscher:  $\Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Bild 3. Wirtschaftliche Wirkungsgrade verschiedener Gleichdruckprozesse.

(Verdichtung, Verbrennung, Entspannung), sowie von der Höchsttemperatur des Prozesses. Aus diesem Grunde müssen alle Mittel, wie Verbesserung der Dauerstandfestigkeit der Werkstoffe, Kühllhaltung der mechanisch hoch beanspruchten Teile (ev. Schaufelkühlung) usw., ausgenutzt werden, um die Betriebstemperatur steigern zu können. Aus dem Druckverhältnis der Anlage, also das Verhältnis zwischen dem Höchst- und dem Tiefst-Druck des Prozesses hat einen starken Einfluß, der jedoch nicht einer eindeutigen Tendenz entspricht, sondern von verschiedenen physikalischen Größen, Betriebseigenschaften usw. abhängt. Das Bild 3 zeigt für eine Höchsttemperatur des Prozesses von 600 bzw. 800 °C den wirtschaftlichen Wirkungsgrad  $\eta_w$  (vom Brennstoff bis zur Kupplung) abhängig vom Druckverhältnis für verschiedene Zustandsänderungen der Kompression (bei den angegebenen Daten) mit (gestrichelt) und ohne Regeneration. Hierbei ist die Größe des Wärmeaustausches durch die Temperaturdifferenz  $\Delta t$  gekennzeichnet, die zwischen dem heizenden Abgas und der aufzuheizenden Luft besteht. Im Vergleich zu den Werten der Kurven sei erwähnt, daß mit Dampfkraftanlagen  $\eta_w = 30\%$  und mit Dieselmotoren 40% nur selten überschritten werden.

Der ausschlaggebende Einfluß der Höchsttemperatur  $t_v$  des Prozesses auf  $\eta_w$  ist aus der Kurve in Bild 4 zu erkennen, die für die daneben angegebenen Betriebsdaten sowie für gekühlte Kompression und eine Regeneration auf  $\Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  gilt.

Für beide Grundverfahren ergeben sich, sofern Regeneration angewandt wird, Vorteile bei einer Annäherung sowohl des Kompressions- wie des Expansionsvorganges an die Isotherme (erstere durch Kühlung, letztere durch Zwischenheizung). Die Zahl der Schaltungsvarianten für die Ausführung von Gasturbinenprozessen ist groß, die sich bereits heute ergibt aus Mehrgewichtigkeit von Turbine und Verdichter, Trennung von Kompressor- und Turbinentrieb (Drehzahl veränderlich) und Nutzturbine (Drehzahl konstant, Mehrfachzwischenheizung und -kühlung, sowie durch Mischung der Merkmale des offenen und des geschlossenen Verfahrens.

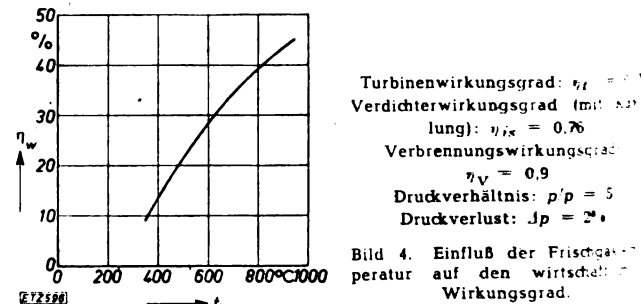


Bild 4. Einfluß der Frischgas-temperatur auf den wirtschaftlichen Wirkungsgrad.

Die erwähnte Ausführung, bei der der Kompressorantrieb von der Welle, die den Generator antreibt, möglichst weitgehend unabhängig gemacht wird, ist heute bei Maschinen üblich, bei denen hohe Wirtschaftlichkeit angestrebt wird. Insbesondere für Teillasten ergibt sich ein wesentlich sparsamerer Betrieb, wenn beide Wellen unabhängig voneinander geregelt werden können und Teillasten nur einfach durch eine Senkung der Expansionsanfangstemperatur des Gases erreicht werden, die wie in Bild 4 dargestellt eine nennenswerte Verschlechterung des Prozesswirkungsgrades ergibt.

Weitere Abwandlungen entstehen durch Kombination mit Dampfprozessen usw.<sup>1</sup> oder mit Kolbenmaschinen, insbesondere Flugkolbenkompressoren und Verbrennungsmotoren. Auch eine Ausnutzung der Abgaswärme von Gasturbinen statt in einem Regenerator durch Erwärmung des Speisewassers einer dazugeschalteten Dampfkraftanlage wurde an mehreren Stellen durchgeführt. Bei allen diesen verfeinerten und dadurch komplizierteren Anlagen muß man den Gewinn an Wirtschaftlichkeit mit der zunehmenden Vielseitigkeit der Anlage und den damit verbundenen Kosten für Herstellung, Betrieb und Wartung usw. gegeneinander abwägen.

<sup>1</sup> vgl. z. B. Münzinger: Z.VDI 93 (1951) S. 281 ff.

wagen. Wenn man jedoch den Aufwand und die Komplexität modernster Dampfkraftanlagen betrachtet, wie beispielsweise des wirtschaftlichsten amerikanischen Großkraftwerks Twin Branch oder in Deutschland des Elektrizitätswerks Ost-Hannover, die maximale wirtschaftliche Wirkungsgrade von rd. 36% bzw. 33% erreichen sollen, so erscheinen sogar die bisher ohne allzu umständliche Zusatzanlagen erreichten Wirkungsgrade von Gasturbinen von 44% (Beznau) außerordentlich hoffnungsvoll, zumal hier noch gar nicht alle Verbesserungsmöglichkeiten erschöpft wurden. Allerdings ist ein wesentlicher Gesichtspunkt bei einem solchen Vergleich, daß Beznau mit flüssigem Kraftstoff arbeitet und Deutschland, wie viele andere Länder, Kraftwerke auf Kohlenbasis benötigt. Aber auch mit geschlossenen Anlagen, die Kohle verbrennen können, wurden bereits 32% erreicht.

Betrachten wir die Möglichkeiten, Kohle in der Gasturbine zu verbrennen, so zeichnen sich zur Zeit folgende 4 Wege als gangbar ab:

1. Die eleganteste Lösung wäre die direkte Verfeuerung von Kohlenstaub bei innerer Verbrennung. Dieses Problem ist jedoch trotz großer Erfolge, die in Amerika bei der Entwicklung von staubgefeuerten Gasturbinenlokomotiven erzielt wurden, noch nicht als endgültig gelöst zu bezeichnen.

2. Die sicherste Methode, feste Brennstoffe zu verwenden, ist, wie bereits erwähnt, die Benutzung von Anlagen mit geschlossenem Kreislauf.

3. Viel untersucht und erfolgversprechend ist die Verfeuerung von Kohle, möglichst unter Druck (bis 30 at) — insbesondere mit Nebenproduktengewinnung (Teer, Schwefel usw.) —, wenn auch hierbei zusätzliche Verluste und der Raumbedarf des Generators sich ungünstig auswirken. Es kommen in erster Linie Drehrost-, Abstich- und Staubgeneratoren in Betracht. Auf Einzelheiten dieses sehr interessanten Gebietes<sup>2</sup> kann leider im vorliegenden Rahmen nicht eingegangen werden.

4. Noch am wenigsten verfolgt wurde bisher ein Weg, der die Verwendung von Kohle im offenen Gasturbinenprozeß ermöglicht, und der eine Kombination einer äußeren Verbrennung mit dem offenen Verfahren darstellt. Hier wird es bei der Verbrennung der Kohle freiwerdende Wärme durch nutzbar gemacht, daß durch Wände hindurch aufheizte Luft expandiert und dann als Verbrennungsluft in der Feuerung zuströmt, die in einem Wärmetauscher die verdichtete Arbeitsluft aufheizt.

#### Vorteile der Gasturbine

Vergleicht man nun die Gas- und die Dampfturbine miteinander, so ergeben sich eine Reihe interessanter Gesichtspunkte, in denen die Gasturbine zweifelsohne der Dampfturbine überlegen ist. Schon ein Vergleich der verlustlosen Prozesse mit vollständiger Regeneration ergibt, daß der Gasturbinenprozeß sich an das thermodynamisch günstigste Raftmaschinenverfahren, den Carnotprozeß, weit besser annähern läßt als die Dampfturbine. Dies ist die Folge davon, daß man dem Arbeitsstoff Dampf sehr viel Wärme bei hoher Verdampfungstemperatur, die weit unter der Höchsttemperatur des Prozesses liegt, zuführen muß, bei der Gasturbine dagegen findet bei adiabatischer Verdichtung und Entspannung die Wärmezufuhr nahe der Höchsttemperatur und die Wärmeabfuhr nahe der Tiefsttemperatur des gesamten Prozesses statt und bei isothermischen Vorgängen sogar nicht nur nahe, sondern in den Grenztemperaturwerten. Im letzteren Fall wird der theoretische Prozeß dem Carnotprozeß völlig gleichwertig.

Diesen außerordentlich vorteilhaften Verhältnissen kann man sich praktisch bei der Gasturbine um so mehr annähern, je höher die Regeneration, also der Wärmeaustausch zwischen dem Gas hinter der Turbine und der komprimierten Luft getrieben wird. Wenn auch ohne Abwärmeausnutzung in den heute werkstoffmäßig beherrschbaren Temperaturen die wirtschaftlichen Wirkungsgrade kaum wesentlich über 30% erhöht werden können, öffnet sich mit Regeneration der Entwicklung ein weites Feld der Wirtschaftlichkeitssteigerung,

von dem der heutige Stand der Gasturbinentechnik erst einen Teil ausgenutzt hat.

Günstig ist für die Gasturbine, daß sie ihre besten Wirkungsgrade bei Gesamtdruckverhältnissen in der Größenordnung von 1:2 ... 1:10 erreicht, während die Wirtschaftlichkeit der Dampfturbinen mit zunehmendem Druckverhältnis steigt und erst bei sehr hohen Anfangsdrücken und tiefem Vakuum Spitzenwerte des Wirkungsgrades erreicht, so daß praktisch Gesamtdruckverhältnisse bis 1:2000 (z. B. 100 ata auf 0,05 ata) und mehr benutzt werden. Dies ist eine Tatsache, die einerseits die mechanischen Beanspruchungen der Gehäuse usw. gegenüber denen der Dampfturbinen und ebenso auch gegenüber den Rohren des Dampfkessels senkt, so daß höhere Temperaturen praktisch benutzt und damit höhere Prozeßwirkungsgrade erreicht werden können. Andererseits werden die insgesamt verarbeiteten Wärmegefälle und damit die Stufenzahl, Baulänge und Gehäusezahl der Turbine kleiner. Infolge der relativ geringen Änderungen des spezifischen Volumens innerhalb der Turbine läßt sich auch die Turbinenbeschauelung leicht in allen Stufen günstig auslegen und die hohen Spaltverluste der kleinen Schaufeln im Hochdruckgebiet wie auch die Nachteile der Dampfnaße und der starken Spreizung der langen Schaufeln im Niederdruckgebiet vermeiden.

Außer den Vorteilen, die im Prozeß und in der Turbine liegen, sind noch eine Reihe weiterer Punkte zu nennen, die bei einem Vergleich die Gasturbine günstig abschneiden lassen:

Bezüglich des Bauvolumens werden von amerikanischer Seite Vergleiche angestellt, die einen Raumbedarf von rd. 1,4 m<sup>3</sup>/kW bei der Dampfturbine einem Wert von 0,5 ... 0,6 m<sup>3</sup>/kW bei Gasturbinenanlagen gegenüberstellen. Ein gesondertes Kesselhaus fällt überhaupt fort. Neben den geringeren Baukosten hat dies den Vorteil, daß sich bei kleinem verfügbarem Raum mehr Leistung unterbringen läßt. Das für eine (wahrscheinlich offene) Gasturbinenanlage mit Ausrüstung notwendige Materialgewicht wird auf ein Drittel der entsprechenden Dampfanlage eingeschätzt. Auch die durch Kühlwasser abzuführende Wärme ist bezogen auf die gleiche Leistung bei der Gasturbine (Kompressoren usw.) etwa 1/3 so groß wie bei den Kondensatoren des Dampfkraftwerks, zumal keine Verdampfungswärme sondern nur fühlbare Wärme abzuführen ist und dies dazu noch mit höheren Temperaturdifferenzen als beim Kondensator geschieht. Aus diesen Gründen ergibt sich neben den Ersparnissen an Reinigungsaufwand für das Speisewasser bei offenen Gasturbinenanlagen auch eine nennenswerte Einsparung an Wasserverbrauch. Die Brennstoffbunkerung ist natürlich entscheidend abhängig von der Art des Brennstoffs. Ölgefeuerte Gasturbinen werden etwa einen ähnlich großen Bunkerraum wie ölgefeuerte Kessel, aber nur einen Bruchteil der bei kohlegefeuerten Kesseln notwendigen Größe brauchen.

Sowohl das Wartungspersonal wie die Hilfsmaschinenanlagen sind im ganzen geringer als bei Dampfanlagen. Während eine große Zahl von Hilfspumpen fortfallen, werden Anlaufmotoren mit 3 ... 6% der Generatorleistung nötig. Für eine 15 000 kW-Anlage wird der Hilfsmaschinenleistungsbedarf auf 1% gegenüber 5% bei gleich großer Dampfanlage beziffert. Der Unterschied wächst noch bei Teilast. Wahrscheinlich werden auch die Wartungskosten geringer sein. Weiter ist die schnelle Anfahrmöglichkeit hervorzuheben, die die Gasturbine instand setzt, innerhalb von 3 ... 10 Minuten von Stillstand auf Vollast zu kommen.

Diesen günstigen Eigenschaften der Gasturbine stehen erklärlicherweise Nachteile gegenüber, die ihrer Anwendung Grenzen ziehen und sich teilweise in besonderem Maße bei großen Leistungen auswirken.

#### Heutige Anwendungsgrenzen

Alle genannten Vorteile helfen zunächst noch nicht über diejenigen Schwierigkeiten hinweg, die der Grundlast-Großturbine heute noch im Wege stehen, das sind in erster Linie die Brennstofffrage, die — wenigstens bei uns — heute nur auf Kohlenbasis gelöst werden kann, und zweitens die infolge des hohen Durchsatzvolumens — mindestens bei der offenen Gasturbine — erheblich geringere Grenzleistung.

<sup>2</sup> Vgl. z. B. Münzinger: Stahl u. Eisen 68 (1948) S. 114 ff.

Neben dem hohen Preis mancher Gasturbinenwerkstoffe wirkt sich ungünstig aus, daß die Sammlung von Erfahrungen über absolute Betriebssicherheit im vieljährigen Dauerbetrieb außerordentlich lange, nämlich eigentlich eben diese vielen Jahre hindurch, dauert. Die besten Möglichkeiten einen Wettbewerb mit der Dampfturbinen-Grundlastanlage zu bestehen, hat die Gasturbine dann, wenn Wasser rar, der Belastungsfaktor niedrig oder wenn Öl oder Naturgas in großen Mengen verfügbar ist. Aber auch da stellen beim offenen Arbeitsverfahren die Verschmutzungsgefahr von Verdichter, Turbine und Wärmetauscher sowie Korrosionserscheinungen an den Schaufeln und bei geschlossenen Anlagen, evtl. Korrosionen, z. Zt. noch eine Schwierigkeit dar.

Am günstigsten liegen die Verhältnisse für die geschlossenen mit Luft arbeitenden Anlagen, wo durch das erhöhte Druckniveau die Abmessungen gesenkt, also die Grenzleistungen wesentlich gesteigert werden, wo durch die äußere Verbrennung jeder beliebige Brennstoff, also auch Kohle, benutzt werden kann, und wo durch die günstigen Wärmeübergangsverhältnisse im Regenerator und durch das saubere Arbeitsmedium günstige Wirkungsgrade erreichbar sind. Die Nachteile der umfangreicheren Anlage im Vergleich zur offenen Turbine müssen dabei allerdings in Kauf genommen werden.

Aus einer Abwägung von Vor- und Nachteilen der Gasturbine ergibt sich, teils auf Grund amerikanischer Erfahrungen, daß der Anwendungsbereich derselben, soweit er das Kraftwerksgebiet angeht, zunächst im wesentlichen folgende Gebiete umfaßt:

1. Die Spitzenlastdeckung, insbesondere bei seltenen hohen Spitzen.
2. Kleinere Kraftwerksanlagen, wie kommunale Betriebe usw.
3. Notstromaggregate und Ergänzungseinheiten, z. B. für Wasserkraftanlagen.
4. Verbundbetriebe mit Gaserzeugungsanlagen sowie mit Dampf- und Heizanlagen, Hüttenwerken und evtl. Nebenproduktengewinnung.
5. Fahrbare Kleinkraftstationen, wie sie in Amerika z. B. von Allis Chalmers für Leistungen von 3... 6000 kW auf Eisenbahnwagen erbaut werden.
6. Alle Anwendungsfälle, in denen sowieso Gas oder Öl als Brennstoff benutzt würde.

Von besonderer Wichtigkeit bei der Abwägung der geeignetsten Kraftmaschinenart für eine zu erstellende Kraftanlage ist der Umstand, daß die Gesamtkosten einer Gasturbinenanlage erheblich geringer sein können, als die einer Dampfanlage. In erster Linie gilt dies natürlich bei kleinen Leistungen und bei offenen Anlagen. Vergleichswerte hierüber zu nennen ist abgesehen von dem geringen Umfang bekanntgewordener Angaben dadurch besonders schwierig, daß die Ausführungsform der Gaskraftanlage einen entscheidenden Einfluß auf die Kosten hat.

Für das Kraftwerk Beznau wird ein Gesamtpreis einschließlich Gebäuden, Landerwerb usw. von 16 000 000 sfrs., das sind bei 40 000 kW 400 sfrs./kW, angegeben.

#### Ausgeführte Kraftwerksanlagen

Die Zahl der im Betrieb und im Bau befindlichen Gasturbinenanlagen ist im Laufe der Zeit nach dem Kriege recht beträchtlich geworden. Eine Liste von 43 stationären Anlagen, die also weder die große Zahl der Flugzeugantriebsturbinen noch Lokomotiv- und Schiffsanlagen oder ausgesprochene Kleinaggregate enthält, wurde vom Verfasser teils nach amerikanischen Quellen bereits an anderen Orten<sup>3</sup> veröffentlicht.

Diese Zusammenstellung zeigt, wie groß die Zahl derjenigen Maschinen schon ist, die zur Stromerzeugung in Elektrizitätswerken aufgestellt wurde. Es würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit weit überschreiten, wenn auf die Einzelheiten dieser Anlagen näher eingegangen werden sollte. Es sollen daher nur einige wesentliche Beispiele etwas genauer beleuchtet werden.

Wenn die vier Schweizer Gasturbinenfirmae BBC, Escher-Wyss, Maschinenfabrik Oerlikon und Gebrüder

Sulzer trotz der ungeheueren Entwicklungskosten, die sie aufgewandt haben, und trotz der in vielen Beziehungen ungünstigen Lage der Schweiz (geringe inländische Aufsteigerungsmöglichkeit, Fehlen eigener Rohmaterialien usw.) sich weiter intensiv mit diesem Problem beschäftigen, so ist das ein Zeichen dafür, daß die gesammelten Erfahrungen letztes Endes ihren Forschungsoptimismus nicht Lügen gestraft haben.

#### Beznau

Neben den zahlreichen Einheiten, die die Firma BBC für Ölraffinerien und zur Stromerzeugung mit Leistungen bis zu etwa 10 000 kW zur Aufstellung in Ländern entwickelt hat, die durch reiche Vorkommen von Öl oder Erdgas, wie beispielsweise Rumänien, auch große Leistungen im Dauerbetrieb mit flüssigen Kraftstoffen oder Naturgasen erzeugen können, stellt das thermische Kraftwerk Beznau, der Nordostschweizerischen Kraftwerke-AG. insofern einen markanten Punkt in der gegenwärtigen technischen Entwicklung der Gasturbinen dar, als hier durch Aufstellung einer 13 000 und einer 27 000 kW-Einheit die bisher größte Energieerzeugungsanlage auf Gasturbinenbasis entstand. Sie soll in Zusammenarbeit mit Wasserkraftwerken insbesondere in trockenen Wintermonaten einem Ausgleich der Energieerzeugung dienen. Die Gasturbinenanlage zeigte sich bei Vorausrechnungen der Dampfturbine in den Betriebskosten und dem Dieselmotor den Erstellungskosten überlegen.

Die Verbindung des Gasturbinen-Kraftwerkes mit dem Hochspannungsnetz erfolgt für die Gruppe von 13 000 kW über einen Transformator 8/50 kV von 16 000 kVA auf die 50 kV Sammelschiene der bestehenden Schaltanlage. Die 27 000 kW-Gruppe wird mit einem Dreiwicklungs-Transformator von 8/50/150 kV mit Wicklungsleistungen von 32 000/38 000 kVA gekuppelt und kann so ihre Leistung gleichzeitig in das 50 und das 150 kV-Netz abgeben. Der Dreiwicklungs-

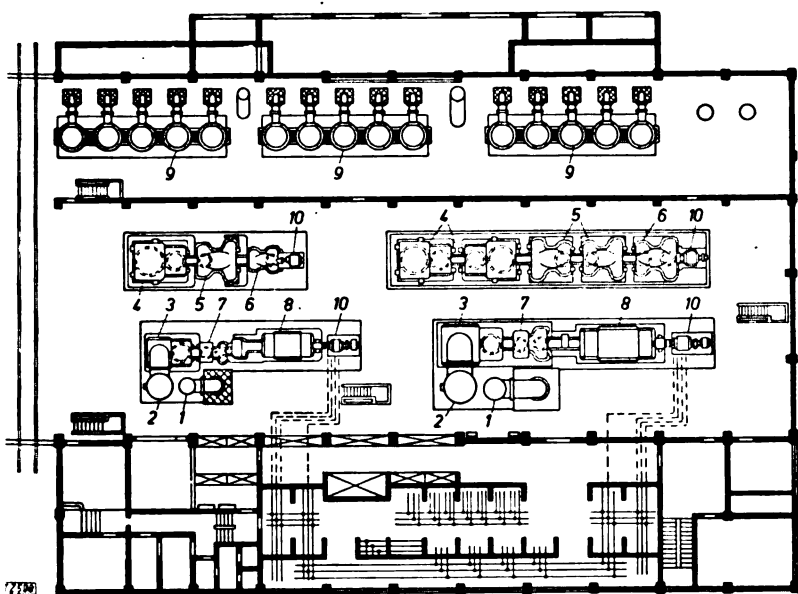
<sup>3</sup> z. B. Z. VDI 92 (1950) S. 429.

diese Drehzahl jeweils den Höchstwert dar; sie kann zu Regelungszwecken abgesenkt werden.

Das benutzte Öl hat einen unteren Heizwert von 9800 kcal/kg. Hiermit wurden bei maximaler Last, bezogen auf die Generatorklemmen, für die kleinere Gruppe ein thermischer Wirkungsgrad von 30,6%, das sind 287,5 g Öl/kWh und für die größere Gruppe 34,0%, das sind 258,5 g Öl/kWh garantiert.

Einen Grundriß der Gesamtanlage zeigt Bild 6. In dem in der Mitte befindlichen Maschinenhaus sind die beiden weitläufigen Aggregate zu erkennen. Neben der Hochdruckkammer stehen jeweils die beiden Brennkammern, von denen die Niederdruckkammer natürlich größer ausfällt, als die Hochdruckkammer. Auf der einen Seite ist das Schaltheus, auf der anderen Seite die Wärmetauscheranlage angebaut. Die Größe der letzteren fällt ins Auge. Ebenso sind die außerhalb des Gebäudes angeordneten Luftreiniger, sowie die im Keller befindlichen Leitungen von außerordentlichem Umfang, was insbesondere durch die Notwendigkeit geringer Geschwindigkeiten zwecks Senkung der Druckverluste verursacht ist.

Von den insgesamt für die Errichtung des Kraftwerks aufgewandten 16 Mio. sfrs. wurden 60% für die mechanischen Einrichtungen, Maschinen einschließlich Generatoren, Abunker und Umschlageneinrichtungen verwandt, 23% für die Bauten einschließlich Gleis und Straßen und rd. 13% für die elektrischen Einrichtungen, Transformatoren und den Netzanschluß. Unter Zugrundelegung eines Ölpreises von 140 sfrs./t ergeben sich kWh-Preise von 7,45 rp., bei einer Benutzungsdauer von 1000 h, 5,65 rp. bei 2000, und 5,05 rp. bei 3000 Benutzungsstunden.



- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| 1 Hochdruckbrennkammer   | 6 Mitteldruckkompressor |
| 2 Niederdruckbrennkammer | 7 Hochdruckkompressor   |
| 3 Hochdruckturbine       | 8 Generator             |
| 4 Niederdruckturbine     | 9 Wärmetauscher         |
| 5 Niederdruckkompressor  | 10 Anlaßmotor           |

Bild 6. Grundriß des thermischen Kraftwerks in Beznau (Schweiz).

Die kleinere Einheit läuft seit Anfang 1948. Anfänglich ergaben sich Schwierigkeiten mit dem Schaufelwerkstoff und mit den geschweißten Scheiben, ferner mit Ablagerungen in den Kompressorschaukeln, die den Einbau eines Luftfilters nötig machten, da der Kompressorwirkungsgrad abfiel. Diese Verschmutzungserscheinungen sind teilweise auf den Staub von in der Nähe des Kraftwerks befindlichen Zementwerken zurückzuführen. Die große Einheit, die seit Januar 1949 in Betrieb ist, mußte ebenfalls nach einiger Betriebszeit mit einer Luftfilteranlage ausgerüstet werden, die bei einem Luftdurchsatz von etwa 135 kg/s erklärlicherweise eine ansehnliche Größe hat. Beide Einheiten zusammen erzeugten bisher über 100 Mio. kWh. Die Regelung hat sich bewährt. Der Betrieb mit billigem Heizöl soll keine Schwierigkeiten ergeben haben. Genauere Meßergebnisse sollen leider erst

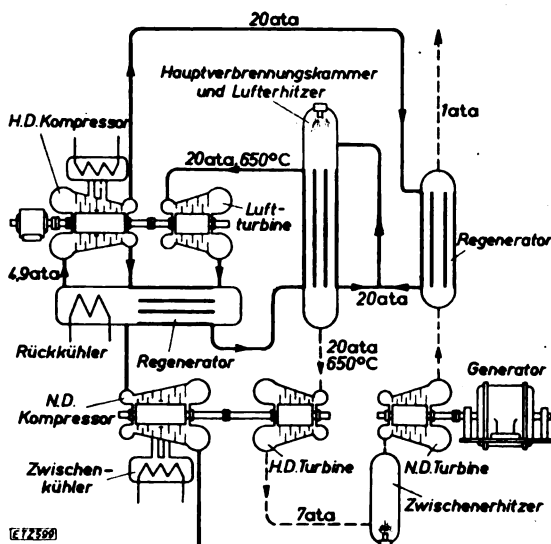


Bild 7. Aufbau des Gasturbinenkraftwerks für 2000 kW in Weinfelden.

veröffentlicht werden, nachdem die Anlage längere Zeit zufriedenstellend gelaufen ist.

#### Weinfelden<sup>4</sup>

Die Weinfeldener, von Sulzer gebaute, 20 000 kW-Einheit der gleichen Kraftwerksgesellschaft dient demselben Zweck wie das Beznauer Werk. Die mit „halboffenem Prozeß“ arbeitende Anlage ist im Schema in Bild 7 dargestellt.

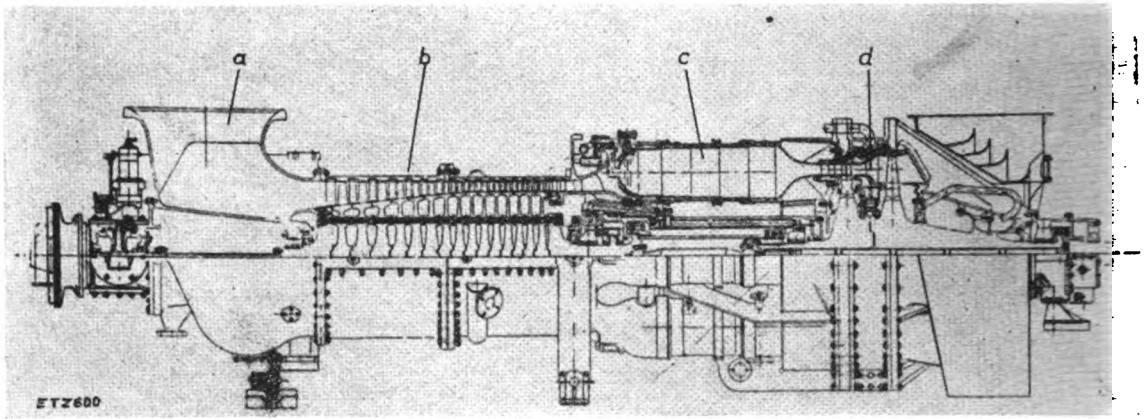
Der eine Teil der Anlage (Hochdruckkompressor und Luftturbine, Gruppe links oben) arbeitet im geschlossenen Kreislauf, jedoch wird ein Teil der Luft beim höchsten Druck entnommen und dient dem Lufterhitzer als Verbrennungsluft. Das Brenngas kühlt sich durch Wärmeabgabe an die Arbeitsluft der Luftturbine ab und arbeitet dann in einer zweigehäusigen Turbinenanlage mit Zwischenerhitzung, wobei das erste Gehäuse einen Niederdruckkompressor antreibt, der die aus dem Luftkreislauf für die Verbrennung entnommene Luft ersetzt, während das zweite Gehäuse den Generator antreibt. Diese Schaltung vereinigt manchen Vorteil, aber auch manchen Nachteil des offenen und des geschlossenen Arbeitsverfahrens; die hohen Drücke auf beiden Seiten der Rohre des Lufterhitzers und des Regenerators ergeben einen besonders guten Wärmeübergang und kleine Abmessungen, zumal dadurch auch die mechanischen Beanspruchungen abnehmen; ebenso senkt das erhöhte Druckniveau in der Luftturbine deren Abmessungen. Die Druckverhältnisse der Teilmaschinen gehen aus der Abbildung hervor. Beide Hochdruckturbinen arbeiten mit 650 °C. Auch das Weinfeldener Kraftwerk befindet sich im Versuchszustand. Ergebnisse sind noch nicht bekannt. Es wird ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad von 34% erwartet.

#### Oklahoma u. a.

Die General Electric Co. hat durch Weiterentwicklung eines Flugzeugaggregats Stromerzeugungsanlagen in 2 verschiedenen Ausführungen geschaffen, für die z. Zt. Aufträge über 20 Einheiten vorliegen sollen, und die bereits in mehreren Exemplaren in Amerika aufgestellt wurden. Die eine Anlage ist billig, arbeitet ohne Regeneration und hat eine geringe Wirtschaftlichkeit ( $\eta_w \approx 17\%$ ), während bei der anderen als Doppelturbine ausgeführten Einheit durch einen zwischengeschalteten Wärmeaustauscher 28% erreicht werden, was immerhin dem Wärmeverbrauch eines guten Dampfkraftwerkes gleichkommt. Bild 8 zeigt als Beispiel einen Halbschnitt der einfachen generatorlosen GEC-Einheit.

<sup>4</sup> vgl. z. B. Martinuzzi: Power 95 (1950) S. 116 ff.





a) Kompressoransaugstutzen      b) Kompressor      c) Brennkammern      d) zweistufige Gasturbine  
Bild 8. Längsschnitt durch eine 3500 kW-Gasturbinenanlage der General Electric Co.

Die Betriebsdaten und das Schema der Gesamtanordnung der Doppelturbine mit Wärmetauscher ist in Bild 9 dargestellt.

Die 3500 kW-Einheit, die in einer Ausführung bei Betrieb mit Gas bereits 4000 Betriebsstunden hinter sich hat und auch mit schwersten Ölen (Bunker-C-Öl) schon arbeitete, wird auch in Zusammenschaltung mit Dampfkraftanlagen zur Speisewasservorwärmung oder zur Aufheizung von Abhitzeke-seln benutzt. Für derartige kombinierte Anlagen wird von einem amerikanischen Autor ein Gesamtwirkungsgrad von 59% vorausgerechnet, der also schlechter ist als der eines reinen Gegendruck-Heizkraftwerks auf Dampfbasis, aber erheblich besser als der von Kondensationsanlagen. — Bemerkenswerte Gesichtspunkte über die GEC-Anlagen nach einem Bericht von Howard<sup>6</sup>, sowie konstruktive Einzelheiten der Turbinenausführung wurden vom Verfasser bereits an anderer Stelle<sup>6</sup> gewürdigt.

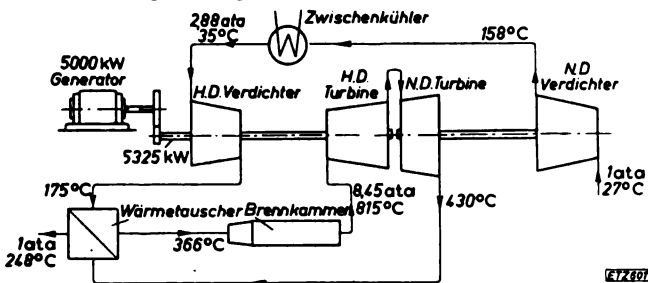


Bild 9. Schaltschema der GEC-Anlage für 5000 kW.

Da sich bei solchen Entwicklungen die Vorteile der Gasturbine in besonderem Maße äußern, sind Ausführungen dieser Art, die, vielfach aus Flugzeugentwicklungen hervorgehend, verschiedensten Anwendungsgebieten, wie Kraftstationen, Lokomotiv-, Schiffsantrieben usw. dienstbar gemacht werden, im Ausland an verschiedenen Stellen entstanden.

St. Denis und Dundee

Der nächstliegende Weg, das Gasturbinenkraftwerk mit Kohle als Brennstoff zu betreiben, ist wie erwähnt, die Benutzung des geschlossenen Arbeitsprozesses. So hat Escher-Wyss, Zürich, wie auch John Brown, Clydebank, nach Durchführung von eingehenden Untersuchungen von kleinen Versuchsturbinen je eine 12 500 kW-Anlage für geschlossenen Kreislauf im Bau, die beide etwa betriebsfertig sein dürften. Durch die Zusammenarbeit beider Firmen auf Lizenzbasis werden sie sich weitgehend ähneln. Während die Turbine der Schweizer Firma im Kraftwerk St. Denis bei Paris aufgestellt wird, ist die Anlage von John Brown für das Kraftwerk Carolina-Port in Dundee<sup>7</sup> bestimmt.

Ein Schema der letzteren Anlage ist in Bild 10 dargestellt. Oben rechts ist der Nutzgenerator zu erkennen, angetrieben von der Niederdruckturbine. Hinter dem dreigehäusigen Kompressorsystem mit dreifacher Zwischenkühlung

strömt die Arbeitsluft dem Regenerator, dann dem Lufterhitzer und schließlich der Hochdruckturbine zu, um dahinter nach nochmaliger Erhitzung im gleichen Lufterhitzer auf etwa Frischgastemperatur mit der Niederdruckturbine den aufs Netz arbeitenden Generator anzutreiben. Von der Niederdruckturbine strömt die Luft über Regenerator und Endkühler wieder dem Ansaugstutzen des Niederdruckkompressors zu, wodurch der Kreis geschlossen ist. Das Brenngas im Lufterhitzer arbeitet unter Überdruck, den ein Axialgebläse erzeugt (Gruppe im Bild rechts Mitte), welches die Verbrennungsluft über einen Wärmetauscher in den Brennraum pumpt. Hinter demselben entspannt sich der größte Teil des Verbrennungsgases in der Turbine, die das Aufladegläse für den Brennraum antreibt, ehe es durch den Wärmetauscher abströmt. Ein Teil des Gases wird durch ein besonderes Gebläse zur Temperatursenkung nochmals in den Brennraum zurückgeführt. Diese Hilfeinheit arbeitet also mit offenem Arbeitsverfahren.

Die in die Abbildung eingetragenen Betriebsdaten gelten für Vollastbetrieb. Entsprechend der oben beschriebenen Gleitdruckregelung können durch Aufpumpen des gesamten Systems oder durch Abblasen von Arbeitsluft das Druckniveau und damit die Leistung in weiten Grenzen mit verhältnismäßig geringen Verlusten verändert werden. Der Wärmetauscher ist trotz der sehr weit getriebenen Vorwärmung des verdichteten Arbeitsstoffes infolge der erhöhten Drücke kompakt, zumal die Reinheit der Luft sehr kleine Rohrdurchmesser (etwa 6 mm) zuläßt.

Die Anlagen arbeiten mit einmaliger Zwischenerhitzung. Besonders bemerkenswert ist, daß im Hochdruckteil des Kompressors ein vierstufiger Radialverdichter mit Zwischenkühlung zwischen Stufe 2 und 3 benutzt wird, eine Bauart, die im Gasturbinenbau wesentlich seltener anzutreffen ist, als der übliche vielstufige Axialkompressor. Auf den Betrieb mit Kohlenstaub wird natürlich bei den Anlagen mit geschlossenem Arbeitsverfahren in besonderem Maße das Augenmerk gerichtet. Die Angaben über die mit dieser

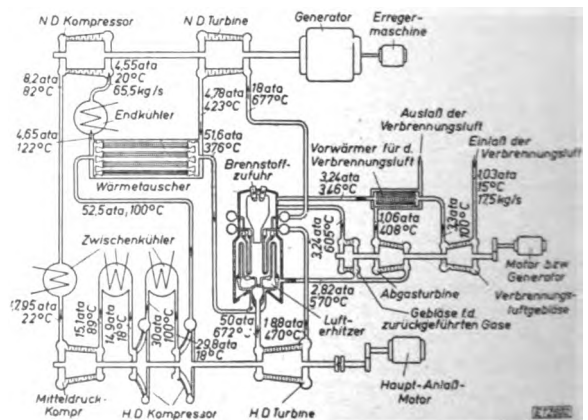


Bild 10. Aufbau der 12500 kW-Anlage für das Carolina-Port-Kraftwerk Dundee.

<sup>6</sup> Howard: Electr. Engng. 68 (1949) S. 487 ff. Ref. in ETZ 71 (1950) S. 573.

<sup>7</sup> ZVDI 1950, Seite 435, 436.

<sup>8</sup> vgl. z. B. The Oil Engine. 1949. S. 366 ff.

Anlage erwarteten Gesamtwirkungsgrade gehen bis zu der außerordentlichen Höhe von 36%.

Werden derartige Wirtschaftlichkeitsnachweise der Gasturbine tatsächlich erbracht und bewähren sich diese Maschinen mit Kohle als Brennstoff, so hat die Gasturbine einen wichtigen Nachweis erbracht und die Weiterentwicklung gibt Anlaß zu günstigsten Erwartungen.

#### Zusammenfassung

Die Gasturbine hat sich nach dem Kriege auch im Rahmen der Erzeugung elektrischer Energie einen Platz erobert. Die Eigenarten der verschiedenen Arbeitsverfahren gestatten es dem Konstrukteur, in weiten Grenzen zwischen hoch wirtschaftlichen aber verhältnismäßig teuren Ausführungen und andererseits einfachen aber im Betrieb weniger sparsam

arbeitenden Bauformen zu wählen. Das Gasturbinen-Kraftwerk ist für viele Anwendungsfälle, bei kleineren Leistungen bis etwa 20000 kW und besonders gearteten Betriebsbedingungen anderen Kraftmaschinen teils in bezug auf den Erstellungsaufwand, teils in den Betriebskosten überlegen. Die Nachteile, die zur Zeit noch eine Verwendung als Grundlastmaschine großer Leistung erschweren, liegen außer im Mangel jahrzehntelanger Erfahrungen in der Verschmutzungs- und Korrosionsgefahr, dann in der Schwierigkeit, Kohle als Brennstoff wirtschaftlich zu verarbeiten und schließlich in der Begrenztheit der installierbaren Leistung. Jedoch auch hierfür zeichnen sich Auswege ab.

Eine Anzahl von Gasturbinenkraftwerken mit Einheiten bis zu 27000 kW sind mit günstigen Wirkungsgraden erfolgreich im Betrieb.

## Das Thermobimetall

### mit besonderer Berücksichtigung der Grundlagen für die Werkstoffentwicklung

Von Hermann Fahlenbrach, Essen

DK 621.315.554

Allgemein versteht man unter einem Bimetall zwei fest aneinander haftende Metallschichten. Dabei besitzen diese beiden Metallschichten in den meisten Fällen verschiedene physikalische oder chemische Eigenschaften. Erwähnt seien hier als Beispiele nur die Plattierungswerkstoffe, die Kontaktwerkstoffe der Elektroindustrie oder die Manteldrähte als Werkstoffe für Zündkerzen oder Widerstandsstoffe. Ein besonderer Fall ist das Thermobimetall. Bei diesem besitzen die beiden Metallschichten verschiedene Ausdehnungskoeffizienten.

In der praktischen Verwendung hat man in den meisten Fällen einen geeignet geformten Blechstreifen vor sich. Wenn man ein solches streifenförmiges Gebilde erhitzt oder unterhalb Raumtemperatur abkühlt, so besitzt es wegen der verschiedenen Wärmeausdehnung seiner Komponenten die Eigenschaft, sich zu krümmen oder auszubiegen, wodurch auf einfache Art thermische Energie in mechanische Arbeit umgesetzt wird. Beim Thermobimetall sind zwei grundsätzlich verschiedene Anwendungsgebiete zu unterscheiden,

Bei dem einen Anwendungsgebiet wird von der kontinuierlich mit wachsender Temperatur zunehmenden Krümmung Gebrauch gemacht. Man kann dadurch den Temperaturverlauf auf einfache Weise registrieren und messen oder auch den Temperaturverlauf von physikalischen Vorgängen in gewünschter Weise selbsttätig steuern oder Temperaturfehler auskompensieren. Erwähnt sei hier als konkretes Anwendungsbeispiel das Bimetallthermometer [1]. Bei diesem wird der Bimetallstreifen mit einem Zeiger versehen, der über eine geeichte Skala spielt, an der unmittelbar die Temperatur abgelesen werden kann (Bild 1).

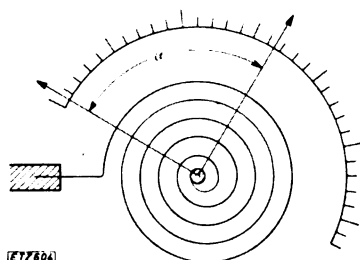


Bild 1. Bimetall-Thermometer.

Weit verbreiteter ist die zweite Gruppe der Bimetallanwendungen. Bei ihnen wird nicht die kontinuierliche Änderung der Krümmung mit der Temperatur ausgenutzt. Es kommt hier vielmehr darauf an, daß bei einer bestimmten vorgeschriebenen Temperatur die Krümmung gerade einen bestimmten vorgeschriebenen Betrag annimmt. Diese Eigenschaft wird in den verschiedensten praktischen Fällen im Apparatebau und in der Elektrotechnik ausgenutzt [2], und zwar immer, um Vorgänge bei einer bestimmten Temperatur einmalig auszulösen oder um eine bestimmte Tempera-

tur dauernd konstant zu halten. Immer wenn diese Temperatur überschritten wird, schaltet das Bimetall den Heizstrom aus. Bei Unterschreitung der Temperatur wird der Strom wieder eingeschaltet. Häufig macht man dabei, wie beim Spencer-Regler, von Stabilitätsproblemen der Elastizitätslehre Gebrauch. Man nützt die Tatsache aus, daß bei der Belastung eines Stoffes bei einer bestimmten kritischen Last ein unstetiger Vorgang, z. B. Knickung, auftreten kann. Man wählt beim Spencer-Regler [3] die Abmessung so, daß die Beanspruchung durch die verschiedene Wärmeausdehnung der beiden Bimetallschichten bei einer bestimmten vorgeschriebenen Temperatur die kritische Last erreicht und ein Durchschnappen einer Bimetallscheibe bewirkt, das einen Schaltvorgang auslöst. Solche Regler oder Schalter sind immer dann vorteilhaft, wenn bei dem Schaltvorgang nennenswerte Arbeit zu überwinden ist. Zum vollen Verständnis der Vorgänge beim Thermobimetall können wir seine Theorie nicht außer Acht lassen, die zugleich ein Wegweiser bei der Werkstoffauswahl ist. Es wurde bereits erwähnt, daß das Thermobimetall unter dem Einfluß einer Temperaturänderung sich krümmt. Naturgemäß wird eine möglichst große Krümmung angestrebt. Andererseits ist es aus Gründen der Reproduzierbarkeit eines mit Thermobimetall bestückten Mechanismus erforderlich, daß bei der Krümmungsbeanspruchung die Elastizitätsgrenze der Werkstoffe nicht überschritten wird. Da eine Krümmung mechanisch immer nur unter dem Einfluß von Biegespannungen zu verwirklichen ist, stellt die mechanische Biegelehre die zum Verständnis der Materialentwicklung notwendigen mathematischen Beziehungen.

Wir wollen den in der Praxis sehr gut angenäherten Fall betrachten, daß die Schichtdicke  $d$  des Bimetallstreifens klein ist gegenüber seiner Länge. Außerdem soll auch die Breite klein gegenüber der Länge sein, damit das Biegeproblem eindimensional bleibt. Anders würde außer der Biegung in Längsrichtung noch eine solche in Querrichtung vorhanden sein. Es interessiert der Zusammenhang der Krümmung mit den linearen Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$ , den Elastizitätsmodulen  $E_1$  und  $E_2$  und den Schichtdicken  $d_1$  und  $d_2$  der beiden Komponenten. Ist  $\alpha_2 > \alpha_1$ , so biegt sich der Bimetallstreifen (vgl. Bild 2) bei Temperatur-

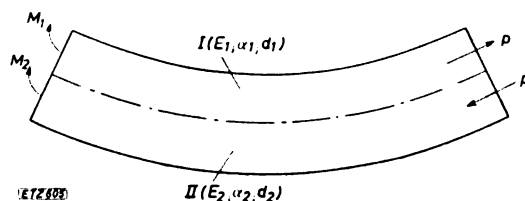


Bild 2. Krümmung eines Thermobimetallstreifens für den Fall  $\alpha_2 > \alpha_1$ ,  $t - t_0 > 0$ .

erhöhung in der Weise, daß die Schicht II die konvexe, Schicht I die konkave Seite darstellt. Da keine äußeren Kräfte, sondern nur die Spannungen durch verschiedene Wärmedehnungen auf den Streifen einwirken, muß in jedem beliebigen Querschnitt des Streifens sowohl die Summe der inneren Kräfte  $P$  wie auch der inneren Kraftmomente  $M$  null sein. Aus diesem Grunde muß die in Teil 1 vorhandene innere Zugkraft  $P_1$  gleich der Druckkraft  $P_2 = P$  in Teil 2 sein. Dadurch entsteht ein inneres Biegemoment  $P \cdot d/2$  ( $d =$  Gesamtschichtdicke)  $= M_1 + M_2$  ( $M_1, M_2$  Biegemomente der beiden Schichten). Aus der Biegelehre folgt  $M = J E/\rho$  ( $\rho =$  Krümmungsradius) und das Flächenträgheitsmoment  $J = b d^3/12$ . Somit wird

$$P d/2 = b/12 \rho (E_1 d_1^3 + E_2 d_2^3) \quad (1)$$

Infolge des stetigen Überganges müssen die Grenzschichten der beiden Komponenten I und II gleiche Länge besitzen. Nach S. Timoshenko [4] haben Längenänderungen dieser Schichten drei verschiedene Ursachen (Wärmeausdehnungen, Dehnungen durch die Kraft  $P$  und Dehnungen durch die Momente  $M_1$  und  $M_2$ ). Das ergibt eine zweite Gleichung für  $P$

$$\alpha_1 (t - t_0) + \frac{P}{b d_1 E} + \frac{d_1}{2 \rho} = \alpha_2 (t - t_0) - \frac{P}{b d_2 E} - \frac{d_2}{2 \rho} \quad (2)$$

Die Eliminierung von  $P$  aus den Gleichungen (1) und (2) und die Einführung des Schichtdickenverhältnisses  $d_1/d_2 = m$  und  $E_1/E_2 = n$  führt dann zu der praktisch wichtigen Beziehung:

$$\frac{d}{\rho} = 6 (\alpha_2 - \alpha_1) (t - t_0) \cdot \frac{(1 + m)^2}{3 (1 + m)^2 + (1 + m n) (m^2 + 1/m n)} \quad (3)$$

$d/\rho$  ist die auf die Streifendicke bezogene (spezifische) Krümmung des Thermobimetalls, die wichtigste Werkstoffziffer des Bimetalls, die der spezifischen Ausbiegung, welche häufig auch in praktischen Fällen angegeben wird, direkt proportional ist.

Aus Gl. (3) entnimmt der Konstrukteur sofort, daß er auf drei, z. T. trivialen Wegen eine möglichst große Krümmung oder Ausbiegung erhält, 1. durch Wahl möglichst dünner Streifen, 2. durch einen Thermobimetall-Werkstoff, bei dem die beiden Komponenten in der linearen Wärmeausdehnung möglichst weit auseinander liegen und 3. durch die Wahl einer möglichst großen Temperaturdifferenz. Die Wahl der Gesamtschichtdicke ist dem Konstrukteur in den meisten Fällen durch die beim Schalten notwendige Arbeitsleistung nicht beliebig freigegeben. In solchen Fällen kann es daher notwendig sein, größere Schichtdicken trotz der kleineren Krümmung zu wählen, da die Arbeitsleistung mit  $d^2$  wächst. Die Abhängigkeit vom Schichtdicken- und E-Modulverhältnis nach Gl. (3) ist zunächst nicht so einfach zu übersehen. Da es in allen praktisch wichtigen Fällen auf ein möglichst großes  $d/\rho$  ankommt, interessiert die Tatsache, daß der Maximalwert für eine gegebene Bimetallkomponente stets dann erreicht wird, wenn man das Schichtdickenverhältnis  $m = 1/\sqrt{n}$  wählt. Da der Hersteller die Wahl des Schichtdickenverhältnisses in der Hand hat, besteht keine Schwierigkeit, dieser Anforderung zu entsprechen. Gl. (3) vereinfacht sich bei Berücksichtigung dieser Forderung zu

$$d/\rho = 1,5 (\alpha_2 - \alpha_1) (t - t_0). \quad (3')$$

Im übrigen spielt bei den heute verfügbaren Thermobimetallkomponenten, weil die E-Moduln der Komponenten nicht sehr voneinander verschieden sind, eine geringe Abweichung von dem meistens verwendeten Schichtdickenverhältnis  $m = 1$  praktisch keine Rolle, wie Bild 3 zeigt, wo für drei Fälle von E-Modulverhältnissen ( $n = 1/2, 1$  und  $2$ ), die den praktisch verfügbaren Bereich mit Überschuß überstreichen, die Abhängigkeit vom Schichtdickenverhältnis dargestellt ist. Neben den durch Gl. (3) gegebenen Anforderungen für die Thermobimetalle sind aber noch weitere Anforderungen zu beachten. Zunächst kommen im Apparatebau der Elektrotechnik zahlreiche Fälle vor, in denen die Bimetalle direkt durch Stromwärme beheizt werden. Da die Stromwärme proportional zum Widerstand ist, ergibt sich

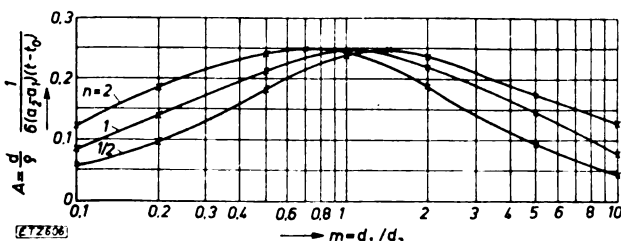


Bild 3. Abhängigkeit der spezifischen Krümmung eines Bimetallstreifens von dem Schichtdickenverhältnis  $m$  der beiden Komponenten bei festem Verhältnis  $n$  der Elastizitätsmoduln.

bei solchen Anwendungen die Forderung nach möglichst hohem spezifischen Widerstand des Bimetalls. Ferner kommen noch allgemeine Anforderungen hinzu. Bimetalle werden außer durch Sintern [5], worauf weiter unten noch eingegangen wird, oftmals in der Weise hergestellt, daß aufeinandergelegte, gehobelte Brammen von außen sorgfältig verschweißt und dann zusammen auf dünnere Abmessungen warm und danach kalt heruntergewalzt werden. Die beiden Bimetallkomponenten müssen demnach verschweißbar sein, da nur dadurch ein gutes Haften der beiden Schichten gewährleistet ist. Ein schlechtes Haften führt zu einer kleinen und nicht reproduzierbaren Krümmung. Außerdem müssen natürlich beide Schichten des Bimetalls für sich allein gut verarbeitbar sein. Sie dürfen sich ferner in ihrer Härte bei der Verarbeitungstemperatur nicht allzu sehr unterscheiden. Würde man z. B. versuchen, Blei mit Eisen zu einem Bimetall zu verbinden, so würde das weiche Blei gegenüber dem härteren Eisen bei der Verarbeitung stärker verformt werden. In der Walze würde das Blei dann vom Eisen abrutschen, so daß man als Endprodukt gar kein Bimetall vor sich hätte, sondern am vorderen Ende Blei und am hinteren Ende Eisen. Ähnliche, natürlich nicht so ausgeprägte Verarbeitungsschwierigkeiten haben sich bei der Verwendung von Chromstählen zusammen mit austenitischen Stählen gezeigt. Aber auch von anderen Gesichtspunkten aus gesehen ist nicht jede beliebige Bimetallkombination möglich. Wir haben oben gesehen, daß sich starke Spannungen im Bimetall ausbilden. Diese können so groß werden, daß sie die Streckgrenze überschreiten und den Werkstoff plastisch verformen. Die stärksten Spannungen treten in der Berührungsfläche der beiden Schichten beim Bimetall auf und betragen unter den früheren Voraussetzungen

$$\sigma_{\max} = E/2 (\alpha_2 - \alpha_1) (t - t_0). \quad (4)$$

Eine Verwendung als Thermobimetallkomponente setzt also schon eine gute Festigkeit voraus, wobei als Richtlinie vielleicht gelten kann, daß Aluminium gerade eben noch im Intervall  $t - t_0 = 100^\circ\text{C}$  und bei einer Ausdehnungsdifferenz ( $\alpha_2 - \alpha_1$ ) von rd.  $25 \cdot 10^{-6}$  verwendbar ist. Alles in allem ist aber die Forderung nach einer möglichst großen Differenz für die Ausdehnungskoeffizienten der beiden Komponenten beim Thermobimetall die Hauptwerkstoff-Forderung. Die geringste Wärmeausdehnung unter den metallischen Werkstoffen besitzt die unter dem Namen „Invar“ und „In dilatans“ bekannte 36%ige Eisen-Nickellegierung. Daneben sind noch ähnliche Legierungen auf den Basen Fe-Pt (50% 60% Pt) [6], Fe-Co-Cr (54% Co, 9,5% Cr) [7], Fe-Ni-Co (32,5% Ni, 4% Co) [8] bekannt geworden, haben aber wegen des hohen Preises keinen Eingang in die Praxis gefunden. Der Ausdehnungskoeffizient zwischen 0 und  $100^\circ\text{C}$  für das gegossene Indilatans wird unter  $2 \cdot 10^{-6}$  für die Sinterqualität unter  $1 \cdot 10^{-6}$  garantiert, und kann sogar negativ werden, wenn man besondere Behandlungsverfahren anwendet. Die geringe Wärmeausdehnung aller dieser Legierungen hängt mit der starken Volumenabhängigkeit der Magnetisierung zusammen, worauf hier nicht näher eingegangen werden

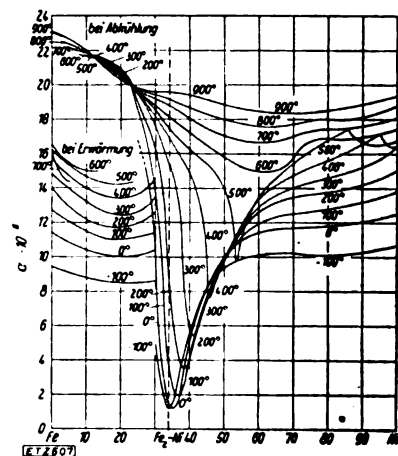


Bild 4. Isothermen des Ausdehnungskoeffizienten bei seinen Eisen-Nickel-Legierungen (nach P. Chevenard).

kann [9]. Alle diese Werkstoffe sind aber nur höchstens bis zu Temperaturen von etwa  $250^\circ\text{C}$  brauchbar. Oberhalb dieser Temperatur steigt die Wärmeausdehnung ganz erheblich an, wie Bild 4 [10] zeigt. Für höhere Verwendungs-

temperaturen werden beim Thermobimetal Fe-Ni-Legierungen mit höherem Nickelgehalt verwendet, z. B. mit 40 ... 44% Ni. Wie Bild 4 zeigt, liegen die Werte des Ausdehnungskoeffizienten dieser Legierungen bei höheren Temperaturen günstiger.

In der Hauptsache wurde früher als Seite mit hoher Wärmeausdehnung eine Fe-Ni-Legierung mit 25% Ni verwendet. Es kommt bei solchen irreversiblen Eisen-Nickel-Legierungen darauf an, durch Zusatz von Kohlenstoff diese rein austenitisch zu machen, da der Austenit allgemein eine sehr viel größere Wärmeausdehnung als der Ferrit besitzt. Der Ausdehnungskoeffizient des Werkstoffes liegt bei ungefähr  $18 \cdot 10^{-6}$ . In den letzten Jahren ist es im Anschluß an ältere ausländische Ergebnisse gelungen, durch einen teilweisen Ersatz des Nickels durch Mangan eine Wertesteigerung zu erzielen. Der Ausdehnungskoeffizient steigt dabei über  $20 \cdot 10^{-6}$ . Man kann im Legierungsgehalt herantreiben bis auf 10% Mn, 5% Ni. Einen sehr hohen Ausdehnungskoeffizienten besitzt auch Aluminium mit  $24 \cdot 10^{-6}$ . Wegen der schon erwähnten großen Weichheit und der damit verbundenen Gefahr einer plastischen Verformung ist der Einsatz von Aluminium im Thermobimetal über erste Versuche noch nicht herausgekommen [11]. In der Patentliteratur findet man auch Fe-Ni-Mo- und Fe-Ni-Mn-Cr-Legierungen als Bimetallseite mit hoher Wärmeausdehnung empfohlen, ohne daß bezüglich Krümmung nennenswerte Vorteile vorhanden zu sein scheinen. Auch sind hin und wieder rostfreie austenitische Fe-Ni-Cr-Legierungen in geringer Menge eingesetzt worden. Über die Herstellung des Thermobimetalls aus geschmiedeten Brammen der beiden Komponenten durch Schweißplattierung sind bereits Angaben gemacht. In letzter Zeit wird daneben auch die Sinterherstellung ausgeführt. Pulver der beiden Komponenten werden nacheinander in Sintertöpfe gefüllt. Nach der Sinterung folgt die Ausschmiedung und das Walzen, die in diesem Fall zu einer besonders guten Haftung der beiden Komponenten aufeinander führt. In der ganzen Art der Herstellung ist die Sinterherstellung sehr einfach und umgeht die mühsame Plattierung der gegossenen Brammen. Durch den hohen derzeitigen Pulverpreis, insbesondere für das zum Sintern notwendige feinkörnige Carbonyleisenpulver, hat sie allerdings die Schmelzherstellung noch nicht verdrängen können. Diese Art der Herstellung bleibt aber für die Zukunft sehr zu beachten. In der Tafel 1 sind abschließend die heute geäußigsten Bimetallsorten angegeben.

Will man Bimetal bei tieferen Temperaturen verwenden, so muß man die 25%ige Eisen-Nickel-Legierung durch einen Werkstoff ersetzen, der bei tieferen Temperaturen keinen Umwandlungspunkt besitzt. Die Fe-Ni-Mn-Legierungen sind für diesen Zweck günstiger. Hierfür werden häufig auch Kombinationen von Eisen und Nickel mit der 36%igen Eisen-Nickel-Legierung, brauchbar bis  $-80^\circ\text{C}$ , eingesetzt.

Tafel 1. Die heute geäußigsten Bimetalle.

Zusammensetzung		Mittlere spez. Krümmung 100000/°C	Spezifische Ausbiegung mm/100 mm/°C	Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	Gebrauchstemperatur	Qualität
kleine Ausdehnung	große Ausdehnung					
36% Ni-Fe	20% Ni, 6% Mn, Rest Fe	3,14	0,157	0,78	-40...+250°C	Sinter
36% Ni-Fe	20% Ni, 6% Mn, Rest Fe	3,08	0,154	0,78	-40...+250°C	Guß
36% Ni-Fe	25% Ni-Fe	2,6	0,190	0,85	-20...+250°C	Guß
42% Ni-Fe	25% Ni-Fe	2,1	0,103	0,70	-20...+400°C	Guß
36% Ni-Fe	Ni	1,9	0,097	0,15	-80...+400°C	Guß

Die oben ausgeführten theoretischen Betrachtungen gelten streng nur für den Fall, daß außer den dort erwähnten praktisch keine anderen Spannungen in Betracht zu ziehen sind. Zur Hebung der Arbeitsleistung wird die Festigkeit durch Kaltwalzen in den meisten Fällen heraufgesetzt. Da sich Spannungen von der Verarbeitung her bei Erwärmung ausgleichen und danach zusätzliche und meist undurchsichtige Deformationen des Bimetallstreifens veranlassen und kein reproduzierbares Arbeiten des Thermobimetalles gestatten, wird vor Ablieferung das Bimetal etwa  $50^\circ$  über die höchste Gebrauchstemperatur erwärmt [12].

Schrifttum

- [1] z. B. W. Heuse: Arch. techn. Messen J 211—1 (Juli 1950) · E. Wall: Metall 21 (1942) S. 634.
- [2] z. B. W. Aumann: ETZ 48 (1927) S. 1145; Bericht: Elektrowärme 4 (1934) S. 237; Siemens-Z. 1926, S. 112; ETZ 47 (1926) S. 240; A. Scherbus: ETZ 47 (1926) S. 224.
- [3] z. B. J. Wolf: ETZ 47 (1926) S. 722.
- [4] S. Timoshenko: J. Opt. Soc. Amer. und Rev. Sci. Instr. 11 (1925) S. 233.
- [5] z. B. H. Schrader u. Fahlenbrach: Z. VDI 91 (1949) S. 492.
- [6] A. Kußmann: Phys. Z. 38 (1937) S. 41/42.
- [7] A. Kußmann, M. Auwärter u. H. Grfn. v. Rittberg: Ann. Phys. 4 (1948) S. 174. Ref. in ETZ 72 (1951) H. 6, S. 185.
- [8] H. Masumoto: Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. 23 (1934) S. 265.
- [9] H. Masumoto: Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ. 20 (1931) S. 101.
- [10] z. B. E. Houdremont: Techn. Mitt. Krupp, Forschungsber. 5 (1942) S. 311.
- [11] P. Chevenard: Aclers spec. 3 (1930) S. 13.
- [12] Deutsche Patentanmeldung T 50 290 (1938) (Trierer Walzwerk); Deutsche Patentanmeldungen K 162768 und K 162769 (1941) (Friedr. Krupp).

[12] Weitere Thermobimetaliteratur: J. Bingel: Arch. Metallk. 3 (1949) S. 422.  
 E. Wall: Z. angew. Meteorol. 5 (1941) S. 269  
 A. Schwartz: Meßtechn. 17 (1941) S. 33.  
 H. Buchholz: Z. techn. Phys. 11 (1930) S. 273.  
 S. G. Eskin u. J. R. Fritze: Trans. Amer. Soc. mech. Engrs. 62 (1940) S. 433.

Magnesiumanoden zum Schutz von Ölleitungen

DK 621.643.22 : 620.191.2

Schutzanstriche und Bitumenüberzüge bieten im Erdbo-den verlegten eisernen Rohrleitungen nur einen ausreichenden Korrosionsschutz, so lange sie unverletzt bleiben. Da die Verletzungsgefahr während und nach Verlegung der Rohrleitung groß ist, können die Rohre bei einem Schaden allein durch elektrochemische Mittel sofort wirksam geschützt werden. Nach ausführlicher Erörterung der Korrosions- und Schutzmöglichkeiten und ihrer theoretischen Begründung bespricht der Verfasser<sup>1</sup> die in USA vielfach zum Schutz von Ölleitungen verwendeten Magnesiumanoden, für welche sich eine Legierung mit geringen Zusätzen von Aluminium und Zink am vorteilhaftesten erwies, da sie das Abbröckeln von Anodenmaterial unterbindet und seinen gleichmäßigen Verbrauch gewährleistet. In der Regel werden zylindrische Anoden von 12 cm Dmr. und 52 cm Länge verwendet, die in ständig durchfeuchtem Erdreich im Abstand 3...5 m von der Rohrleitung angeordnet und mit ihr durch Anodenkabel verbunden werden. Bei 100 mA Stromausbeute je Anode kommen hierbei 6 Anoden auf die Meile (1,6 km).

Die durchschnittliche Lebensdauer wird mit 10 Jahren angegeben. Für Magnesium als Anodenmaterial sprechen sein hohes negatives Potential in der Spannungsreihe<sup>2</sup>, seine Unabhängigkeit vom  $p_H$ -Wert des Erdbodens und die praktisch gleichbleibende Potentialdifferenz gegenüber Eisen bei allen praktisch vorkommenden  $p_H$ -Werten, sowie seine geringe Neigung zur anodischen Polarisation und Schutzfilmbildung. Die hohe kathodische Schutzwirkung wird durch den Niederschlag von Magnesiumhydroxyd oder -karbonat an den Schadenstellen der Rohrleitung wirksam unterstützt, wobei  $p_H$ -Werte von etwa 10 und darüber auftreten, bei denen Lochfraß, Spongiose (Eisenschwamm) und bakterielle Korrosion praktisch unterbunden werden. In saueren Böden soll man Magnesium nicht verwenden. Kurze Hinweise werden über die Anwendung halbkugelförmiger Anoden zum Schutze von Hafenanlagen sowie über Anoden zum Schutz von Heißwasserspeichern gemacht.

S-z

<sup>2</sup> Die Arbeit gibt den Wert mit  $-1,55\text{ V}$  zu niedrig an. Vgl. z. B. Jander—Spandau: Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie, 3. Aufl., S. 127, wo ein Wert von  $-2,4\text{ V}$  genannt ist.

<sup>1</sup> W. F. Higgins: Magnesium Rev. 8 (1950) H. 2.

## Elektrotechnik — Elektrizitätswirtschaft — Energiewirtschaft

Von Herbert F. Mueller, Karlsruhe

DK 621.3 : 629.9

**Übersicht.** Die Elektrotechnik brachte zwei produktionstechnische Besonderheiten zu hervorragender Entfaltung: die auf Normung und Typung beruhende Serien- und Massenfertigung hochwertiger Erzeugnisse und die Energieversorgung. Die wirtschaftliche Eigenart der letztgenannten hat die „Elektrizitätswirtschaft“ als Betriebswirtschaftslehre der Stromversorgung entstehen lassen. Als Glied der Energiewirtschaft dagegen umfaßt die Elektrizitätswirtschaft die Deckung des Bedarfs an Licht, Kraft und Wärme (durch elektrischen Strom). Sie hat ihre Bedarfsdeckungsaufgabe gemein mit der Elektroindustrie einerseits, mit den übrigen Gliedern der Energiewirtschaft andererseits. In dieser Aufgabe und in der Bewertung des Verbrauchers (als Bedarfsträger und als Endproduzent) begegnen sich die sonst einander fernstehenden Zweige der Kohle-, Öl-, Gas- und Stromerzeugung, der Maschinen-, Geräte- und Elektroindustrie.

Die zeitliche Entwicklung des Handwerks zur „Manufaktur“ im 17. und 18. Jahrhundert und die der Manufaktur zur Fabrik im 19. Jahrhundert waren gegeben durch das Aufkommen des Merkantilismus und durch die Ausbreitung der Dampfmaschine. Alle „Gewerbe“, die sich geschichtlich auf Handwerk oder Manufaktur zurückführen lassen, haben sich auf diesem Wege bis zum Aufkommen ihrer „Industrien“ entfaltet. Ein genauer Zeitpunkt für deren Entstehung läßt sich nicht angeben. Für die Elektroindustrie gilt beides nicht. Die Elektrizität als technisch verwertbare Energieform war erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt. 1847 gründete der Artillerieleutnant Werner Siemens<sup>1</sup> zusammen mit dem zunächst sehr zurückhaltenden Mechaniker Halske die heutige Weltfirma; sie überraschte nach Erfindung der Dynamomaschine 1866 und nach Verbesserung des vorher schon bekannten Elektromotors im Jahre 1879 durch die erste elektrische Bahn auf der Berliner Gewerbeausstellung (man beachte: sie hatte noch nicht die Bezeichnung einer Industrieausstellung!), durch das erste Hochbahnprojekt schon 1880 und durch die erste elektrische Straßenbahn in Berlin-Lichterfelde 1881. Die Elektrotechnik war Tatsache geworden, noch ehe das Bewußtsein dafür aufgekommen war. Das aber dauerte nicht mehr lange. 1879 hatte Edison die Kohlenfadenlampe gefunden — erfunden, d. h. erstmalig, hatte sie der Uhrmacher Goebel aus Springe bei Hannover schon 1850 —, in der Pearl-Street in New York wurde das erste „Kraftwerk“ gebaut; 1881 lernten Emil Rathenau und Oskar v. Miller die Edisonlampe auf der Pariser Weltausstellung kennen. Damit begann eine neue Phase der Entwicklung.

Rathenau erwarb sofort die Edison-Lizenzen und gründete eine Studiengesellschaft zu ihrer Auswertung, aus der 1883 die Deutsche Edison- und 1887 die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) hervorgingen; 1884 schon entstanden, gegen viel Mißtrauen ankämpfend, die „Berliner Städtischen Elektrizitätswerke“. Das weitere kann hier übergegangen werden. Das besondere Verdienst Rathenaus liegt neben diesen Pionierleistungen in der Erkenntnis, welche ausschlaggebende Bedeutung den Problemen der Normung, der Serien- und Massenerzeugung für die Elektrotechnik zukam. Das, was wir „wirtschaftliche Fertigung“ nennen und was — wesentlich gefördert durch die Gewehrfabrikation — im Maschinenbau zur Typisierung führte, beschäftigte den Maschinenbauer Rathenau (wie auch den ihm nahestehenden Ludwig Loewe) schon seit dem 70er Kriege. Als er unter Dutzenden geduldig „Schlange stehender“ Neugieriger auf der Pariser Ausstellung darauf wartete, auch einmal selbst die Edisonlampe ein- und ausschalten zu können, war in ihm schon der Grund gelegt für eine auf weiteste Verbreitung der neuen Technik angelegte Fabrikation, die nur durch Maschinen, mehr und mehr durch Automaten bewältigt werden konnte.

Frühzeitig hatte ein junger Mitarbeiter Edisons, der spätere Berliner Industrielle Bergmann, ähnliche Pionier-

arbeiten auf einem Teilgebiet vollbracht, als er die ersten serienmäßig zu fertigenden Typen von Installationsteilen schuf. Man kann Werden und Entwicklung der Elektrotechnik nicht erfassen, ohne sich dieser fundamentalen Tatsache bewußt zu sein. Sie lassen erkennen, in welchem Maße die Fertigungstechnik von Wirtschaftlichkeitserwägungen abhängig und umgekehrt. Das Zeitalter der Elektrizitätswirtschaft war angebrochen!

Rathenau müßte nicht der Mensch mit dem untrüglichen Sinn für das Kommende gewesen sein, wenn er es nicht auch in Menschen zu wittern vermocht hätte. Als er 1832 auf der ersten deutschen elektrischen Ausstellung in München eine aufsehenerregende Glühlichtanlage zeigte, lernte er den Initiator und Organisator der Ausstellung, den jungen Bauingenieur Oskar v. Miller kennen. Er machte ihn bald darauf zu seinem Mitarbeiter. Aber in Millers Kopf sahen die gleichen Visionen des Kommenden anders aus. Sein Vater, der berühmte Erzgießer Ferdinand v. Miller, hatte ihm auf Wanderungen den Sinn für die Ausnutzung von Wasserkraften eingegeben, und schon auf der Münchener Ausstellung veranlaßte der junge Miller den Franzosen Deprez zu der Vorführung der ersten elektrischen Kraftübertragung von Miesbach her über 57 km. Sie wurde bestaunt wie ein Wunder — und war es auch, als reine Gleichstromübertragung mit damaligen Mitteln! Aber Miller sah tiefer. Wie sollte man Leistungen, Widerstände, Verluste beherrschen, ohne sie zuverlässig messen zu können? Die Frage war umso wichtiger, als er eine ausstellungstechnische Neuheit von erheblicher Tragweite eingeführt hatte: statt der üblichen Medaillen versprach er Leistungsdiplome und leitete damit auf ganz anderem Gebiet eine neue Entwicklung ein. Miller kannte den ungefähr gleichaltrigen Münchener Privatdozenten der Physik, Erasmus Kittler. Sie müssen sich viel über die Elektrizitätslehre unterhalten haben, denn er wußte keinen besseren mit der Aufstellung von Prüfvorschriften und der Entwicklung der erforderlichen Meßmethoden zu betrauen als ihn. Dadurch aber fiel Kittler an anderer Stelle auf. Erst Anfang 1882 war die Technische Hochschule Darmstadt mit knapper Not (zum zweiten Mal!) dem Auflösungsbeschuß aus Mangel an Hörern entgangen, und der Darmstädter Physiker Dorn versprach sich von dem Besuch der viel besprochenen Münchener Ausstellung einige Anregung. Die Gründung des ersten deutschen Lehrstuhls für Elektrotechnik in Darmstadt und die Berufung Kittlers zu seinem ersten Inhaber schon auf den 1. November 1882 waren die Folge. Kittler hat die in ihn gesetzten Erwartungen mehr als erfüllt. Nicht nur der Eifer, sondern auch der Weitblick, die hohen organisatorischen, pädagogischen und menschlichen Fähigkeiten mit denen er an die Schaffung eines elektrotechnischen Studienplans, entsprechender Lehrmöglichkeiten und Laboratorien heranging, ließen die sehr bald von ihm ins Leben gerufene Elektrotechnische Abteilung zu einer Berühmtheit der Darmstädter Hochschule werden, die ihren Ruf bis heute bewahrt hat. Einer von Kittlers ersten Assistenten, Dolivo-Dobrowolsky, dem wesentliches Verdienst an der Entwicklung des Drehstroms gebührt, wurde auf seine Veranlassung von Miller zu Rathenau gebracht; bald schuf er im ersten brauchbaren Drehstrommotor eine wichtige Voraussetzung für die Drehstromübertragung. Die weitere Entwicklung, die mit dem Namen Millers und der Kraftübertragung Lauffen-Frankfurt 1891 engstens verbunden ist, soll hier ebenfalls nicht verfolgt werden.

Um die Jahrhundertwende jedenfalls hatten es Elektrotechnik und Elektroindustrie, zu deren fünfzig Jahre vorher der Grund gelegt wurde, zu weitestgehender Bedeutung gebracht. Aus der Empirie war eine Wissenschaft, aus bescheidenen Anfängen waren Unternehmen von Weltruf, aus Blockzentralen schon eine stattliche Reihe von Stromversorgungsbetrieben hervorgegangen. Der Begriff der

<sup>1</sup> Die Offizierslaufbahn hatte er eingeschlagen, um entsprechend seltenen finanziellen Möglichkeiten billig zu technischen Studien zu kommen; auf der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule in Berlin waren Männer wie Ohm, Magnus, Erdmann seine Lehrer gewesen (1835 ... 1838). 1849 nahm der 33jährige seinen Abschied, um sich dem ersten großen Staatsauftrag auf Anlegung der Telegraphenleitung Berlin-Frankfurt a. M. und der Fülle auf ihn zuströmender Arbeiten zu widmen.



Elektrizitätswirtschaft fing an, von sich reden zu machen. Es sollte aber ein weiteres Vierteljahrhundert vergehen, bis er gestaltende Kraft gewann. Die Elektrotechnik selbst hatte ihn herbeigezogen. Denn schon bald war die Lehre und Forschung, in Studium und Praxis jene Zweiteilung aufgetaucht, die uns in den Namen Rathenau und Schreiner bereits begegnet ist, ohne in ihnen oder gar in Siemens schon vollzogen zu sein: die Gabelung der (Starkstrom-)Elektrotechnik in den Bau elektrischer Maschinen (im weitesten Sinne des Wortes) und den Betrieb von elektrischen Anlagen. Alle industrielle Technik ist bestimmt von der Wirtschaft, der sie dienstbar ist. Aber während die stoffliche Produktion Stückarbeit ist und als solche konstruiert und kalkuliert, gehandelt oder eben nicht gefertigt wird, ruht die Elektrizitätsproduktion auf Wagnissen, wie sie der Industrie in dieser Art fremd sind, weil Fertigung und Verkauf des Produktes kWh unlösbar, in manchem Sinn unkontrollierbar, ineinander verschlungen sind, so daß weder die Kosten noch die Preise der Einheit kWh klar erscheinen. Sie mehr neben oder an Stelle der ortsgebundenen Stromerzeugung nun noch der Fernstrombezug hervortrat und damit die Kostengestaltung durch die Wahl der mehr oder weniger weit entfernten Großkraftwerke oder Energiequellen, der Übertragungsspannungen usw. beeinflusst wurde, umso nachhaltbarer erwies sich die Empirie als Kalkulationsbasis. Man benötigte für die erforderliche weitschauende Planung eine Methodik der Kostenermittlung, die sich nicht auf persönliche Erfahrungen allein gründete. Ruppert Schneider hat das Verdienst, sie zum Gegenstand akademischer Lehre und Forschung ausgebaut zu haben. Als Kittlers Schüler, der im Bau und im Betrieb von Stromlieferungsanlagen seine Erfahrungen gesammelt hatte, richtete Schneider seine besondere Aufmerksamkeit auf die Probleme der Kostenestaltung und ihre mathematische Erfassung unter verschiedensten betrieblichen und baulichen Voraussetzungen. Kittlers Schüler und Nachfolger auf dem Darmstädter Lehrstuhl, Petersen, veranlaßte im Jahre 1925 seine Berufung nach Darmstadt zum ersten Professor für Elektrizitätswirtschaft<sup>2</sup>. Aus seiner Schule gingen Elektrizitätswirtschaftler von Rang hervor, u. a. der früh verstorbene Schnaus, der die tariftechnische Entwicklung der dreißiger Jahre maßgeblich beeinflusst hat. Auch im Energiewirtschaftsgesetz von 1935 findet sich der Einfluß Schneiders neben dem Friedrich Lists, des damaligen Inhabers einer a. o. Professur „Recht der Technik“ an der TH. Darmstadt. List, der mit Schneider ein gemeinsames Seminar abhielt, ist der Urheber der Rechtsauffassung von der Energieversorgung als einer hoheitsrechtlichen Aufgabe, die auf beliebige Leistungswillige auf Grund staatlicher Normen und Aufsichtsbefugnisse übertragen werden kann<sup>3</sup>. Bei dieser in ihrer Tragweite wohl heute noch nicht ganz gewürdigten Konzeption haben die Erkenntnisse der Elektrizitätswirtschaft<sup>2</sup> zweifellos Pate gestanden.

Die Zusammenfassung und Krönung des Schneiderschen Lebenswerks ist in seinem Buch „Elektrische Energiewirtschaft“ zu sehen, das 1936 erschienen ist. Es trägt den Untertitel: „Die Betriebswirtschaft der Elektrizitätsversorgungsunternehmen“. Der grundlegenden Bedeutung dieses Buches tut es keinen Abbruch, wenn gesagt wird, daß der Untertitel seinen Inhalt treffender wiedergibt — in Übereinstimmung mit dem, was oben über das Lehr- und Forschungsgebiet der Elektrizitätswirtschaft ausgeführt wurde — als der Haupttitel. Im Sinn der

<sup>2</sup> Leider waren nach der Berufung Schneiders finanzielle Widerwärtigkeiten aufgetreten, die es nie zu einem „Lehrstuhl“ für Elektrizitätswirtschaft in Darmstadt haben kommen lassen. Schneider blieb bis zu seinem Tode (1941) persönlicher Professor für einen Lehrauftrag, der ihm nur in den letzten Jahren die Besoldung eines älteren Assistenten, im übrigen viele Kränkungen und Enttäuschungen eingetragen hat.

<sup>3</sup> Diese Lehre von der eigenartigen Zwischenstellung der Energieversorgung zwischen öffentlichem und privatem Recht, die sich entgegen andersgerichteten Tendenzen im „Dritten Reich“ durchsetzen und in der Deutschen Bundesrepublik bisher erhalten konnte, ist als gesunde Fortentwicklung der ursprünglich rein privatrechtlichen Orientierung die beste Sicherung der Energieversorgung gegen die entgegenesetzten Sozialisierungsexperimente, mit denen bisher kein Land der Welt nachteiligere Erfahrungen gemacht hat. Es ist zu bedauern, daß es zur Zeit an einer akademischen Fortentwicklung dieser und anderer Schöpfungen eines „Rechtes der Technik“ fehlt (S. „Technik und Recht“, Zeitschrift für das Recht der Wirtschaft, des Verkehrs und der Technik. Hrsgg. von Friedrich List. L. C. Wittich Verlag, Darmstadt).

Schneiderschen Interpretation sind an mehreren, heute wohl an fast allen Technischen Hochschulen Lehraufträge für „Elektrizitätswirtschaft“ entstanden, und sie entsprechen einem nicht mehr bezweifelten Bedürfnis (wenn auch das Gebotene wohl in sich Abweichungen aufweist, deren Bereinigung erwünscht wäre). Wo die Technik der Erzeugung, Ausbreitung und Anwendung der Elektrizität gelehrt und vertieft wird, müssen die — nicht nur sie bestimmenden, sondern auch von ihr maßgeblich bestimmten — ökonomischen Fragen berücksichtigt werden. Aber ist das „Elektrische Energiewirtschaft?“ Schon die Bezeichnung „Elektrizitätswirtschaft“ ist problematisch, wenn auch nicht mehr als etwa die „Wärmewirtschaft“ oder die „Bauwirtschaft“. In allen diesen Fällen ist zu einer technischen Disziplin die wirtschaftliche getreten, wobei „Wirtschaften“ keineswegs nur als ein Rechnen in (Geld-) Werten aufgefaßt wird, sondern als Anwendungsgebiet des „wirtschaftlichen Prinzips“. Verspüren wir aber schon ein gewisses Unbehagen, wenn wir allein diese drei Kombinationen von Wirtschaftsbegriffen einander gegenüberstellen, so tritt uns in der Gleichsetzung der „Betriebswirtschaft des Elektrizitätswerks“ mit „Elektrizitätswirtschaft“ oder „Elektrische Energiewirtschaft“ eine Eigentümlichkeit entgegen, die uns häufig in der deutschen Wirtschaft begegnet: die unbefangene Gleichsetzung dessen, was die „Produktion“ an- oder was von ihr ausgeht, mit „Wirtschaft“. In der „Elektrizitätswirtschaft“ beschränkt sich diese Begriffseinengung noch weitergehend dadurch, daß dabei im allgemeinen nicht einmal an die Produktion der Elektroindustrie gedacht wird, sondern lediglich an die Stromversorgung. So sehr anerkannt werden muß, daß diese ihre besonderen ökonomischen Fragestellungen hat, so unbefriedigend ist diese Einengung des Begriffes „Wirtschaft“.

haben wir durch diese Überlegungen also den heute meist gemeinten Inhalt des Begriffes „Elektrizitätswirtschaft“ erkannt — wir werden sehen, daß er nicht allein gültig ist — und können wir diesen nicht durch „Elektrische Energiewirtschaft“ ausdrücken, so ergibt sich nun die Frage nach dem Wesen und der Aufgabe einer „Energiewirtschaft“. Folgende negative Feststellung kann dabei vorausgeschickt werden. Wenn es eine technische Zwangsläufigkeit war, die aus der Elektrotechnik — und nicht aus der Wirtschaftskunde — die Disziplin der „Elektrizitätswirtschaft“ hat hervorwachsen lassen, so gibt es keine solche Zwangsläufigkeit, die zu einer energiewirtschaftlichen Disziplin führen mußte: es fehlt dazu eine der Elektrotechnik entsprechende einheitliche „Energie-technik“. Aus dieser Feststellung, die mindestens eine Erklärung dafür gibt, daß noch an keiner deutschen technischen Hochschule außer Karlsruhe die Energiewirtschaft anerkanntes Lehrfach geworden ist, folgt die Frage: was soll in diesem Fall unter Energie, was unter Wirtschaft verstanden werden?

Wendet man sich an einen Praktiker, so wird er meist an seinen Betrieb denken und die Energiewirtschaft als so etwas wie eine Bilanz erläutern, wobei als Rechnungseinheiten einmal die Kilo Kohle, die Kubikmeter Gas, die Kilowattstunden Strom auftreten, einmal ihre Preise, einmal ihre Heizwerte. Das ganze ist eine betriebswirtschaftliche Aufwands- und Ertragsrechnung in technischen und in ökonomischen Wertmaßen, wobei der Techniker mehr zu einer reinen Kalorienrechnung, der Kaufmann mehr zu einer Geldrechnung neigt. Sehen wir davon ab, daß diese Unterschiede selten bewußt werden und überhaupt die Vorstellungen von dem, was unter Energiewirtschaft zu verstehen ist, meist recht unklar bleiben, so können wir das vom Betrieb aus Gesehene immerhin auf die Volks- und Weltwirtschaft übertragen. Es ist offensichtlich die Versorgung mit Kalorien unter ökonomisch befriedigenden Bedingungen, was unter Energiewirtschaft im betrieblichen und überbetrieblichen Sinn zu begreifen ist. Dabei stellt man sehr bald fest, daß Kalorie und Kalorie nicht dasselbe ist, so wenig wie Kilogramm und Kilogramm. Dieses kann Kartoffeln, Eisen oder Kohle repräsentieren, jene Licht, Kraft oder Wärme (um nur die wichtigsten Energieformen zu nennen). „Versorgung unter ökonomisch befriedigenden Bedingungen“ — das aber ist nichts anderes als der Gegenstand der Volkswirtschaftslehre.

Energiewirtschaft ist sonach definiert als derjenige Teil der (Volks- oder Welt- oder Betriebs-) Wirtschaft, der die Deckung des Bedarfs an (wirtschaftlich erheblichen) Energieformen zum Gegenstand hat. Daß sie „unter ökonomischen Bedingungen“ geschehen soll, ist im Rahmen des „Wirtschaftens“ selbstverständlich. Noch könnte man hinzufügen, „durch Mittel der Technik“; aber das ist im Begriff des „Bedarfs“ enthalten, da Bedarf stets wirtschaftliche Nachfrage, nicht Bedürfnis bedeutet. Wirtschaftliche Nachfrage aber besteht nur an technisch dargebotenen Energien, nicht an Licht oder Wärme der Sonne oder an der Kraft, die im Spielzeug das Windrad treibt.

Die Bedarfsobjekte der Energiewirtschaft sind also das Licht, die Kraft, die Wärme, zusammengefaßt als „Energie“ in verschiedener Form<sup>4</sup>. Dieses Bedarfsobjekt ist — im Gegensatz zu allen anderen Bedarfsobjekten der Wirtschaft — rein physikalischer, nicht gegenständlicher Natur<sup>5</sup>. Weiterhin ergibt sich als eine einzig dastehende Besonderheit der Energiewirtschaft, daß das Bedarfsobjekt Energie als solche nicht lieferbar ist. Wer Licht, Kraft oder Wärme haben will, muß sie sich dort, wo er sie braucht, in dem Zeitpunkt, da er sie braucht, selbst zubereiten oder zugänglich machen. Was Technik und Wirtschaft ihm dazu liefern können, sind die „Mittel zum Zweck“, also zunächst die Energieträger. Das sind vor allem die Brennstoffe und die Elektrizität, die ja ganz selten (etwa in der Elektrolyse) um ihrer selbst willen benötigt wird. Aber die Energieträger allein können uns garnicht nützen. Untrennbar verbunden mit dem Bedarf an Energieträgern ist der an Energiewandlern: an Lampen, Maschinen, Ofen usw. Wir bezeichnen sie vorzugsweise als Energiegeräte. Erst mit Hilfe der Energiegeräte kann aus den Energieträgern das eigentliche Bedarfs-gut Energie in der gewünschten Form gewonnen werden. Wie siamesische Zwillinge sind also in der Energiewirtschaft zwei ganz verschiedene Produkte untrennbar miteinander als Bedarfdeckungsgüter verwachsen: Energieträger und Energiegerät. Beide sind fast durchweg typische Erzeugnisse der Technik, aber solche sehr verschiedener technischer Disziplinen, nämlich des Bergbaus, des Maschinenbaus, der Elektrotechnik usw. Wenn also einesteils verständlich ist, daß aus dieser Zersplitterung nicht zwangsläufig eine einheitliche Energiewirtschaftsdisziplin hervorgehen konnte, so ist andernteils offenkundig, daß Energiewirtschaft — so interessant sie für die Wirtschaftskunde ist<sup>6</sup> — nur auf dem Boden der technischen Hochschulen voll gedeihen kann; es sind ja auch in erster Linie die Ingenieure, die Einfluß auf ihre Entfaltung haben, die also mit ihren technischen Studien auch diese Lehre „von Herkunft, Artung und Wertung der belebenden Kräfte“ in sich aufnehmen müssen, „die alles technische Geschehen gestalten und in Gang halten“. (Zitiert aus Vorlesungen).

Nun aber begegnet uns eine dritte Besonderheit der Energiewirtschaft. Wenn das eigentliche Bedarfsgut, die gewünschte Energieform, nicht konsumfertig geliefert werden kann, sondern Vormittel an ihrer Stelle gehandelt werden, aus denen das Gewünschte an Ort und Stelle erst jeweils bereitet werden muß, so ist der Ort des „Verbrauchs“ dieser Vormittel sowie der Energie selbst zugleich der Ort der „Erzeugung“ von Licht, Kraft und Wärme; so ist jeder Verbrauchsakt eine Produktion, so ist jeder Verbraucher sein eigener Produzent, er ist letztes Glied der Reihe, die von der Uerzeugung zur Fertigfabrikation führt. Das aber ist wieder von einzigartiger Tragweite.

Der Zweck der Wirtschaft ist der Verbrauch (Vershofen), und darum ist der Verbraucher ein vollwertiges, ja ein vorrangiges Glied aller Wirtschaft, auch wenn „die Produktion“ sich gern mit „der Wirtschaft“

<sup>4</sup> Ostwalds Satz: „Energie ist alles, was aus Arbeit gewonnen oder in Arbeit verwandelt werden kann“, ist eine physikalische Aussage, keine Definition. Eine Definition der Energie würde etwa so lauten: Energie ist das Nichtstoffliche, das Veränderungen im und am Stoff zu bewirken vermag.

<sup>5</sup> Andere nicht gegenständliche aber auch nicht physikalisch-konkrete Bedarfs- und Tauschobjekte sind Rechte und Werte.

<sup>6</sup> An der Universität Köln besteht seit 1943 ein gut ausgestattetes „Energiewirtschaftliches Institut“ am Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre von Prof. Dr. Wessels.

identifiziert und den Verbraucher als selbstverständliches Beiwerk betrachtet. In der Energiewirtschaft wird diese Bedeutung des Verbrauchers dadurch noch gewichtiger, daß er zugleich Fertigfabrikant ist. Nicht nur seine Konsumwünsche in bezug auf Licht, Kraft und Wärme, sondern auch seine betrieblichen, wirtschaftlichen, physischen, geistigen Fähigkeiten in bezug auf die Handhabung der „Produktionsmittel“ — eben der siamesischen Zwillinge — sind von entscheidender Bedeutung für die Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung in der Energiewirtschaft.

Hier sind wir bei einer Problematik angelangt, die mit der einer „Elektrizitätswirtschaft“ im oben behandelten Sinne kaum noch etwas zu tun hat. Aber man erkennt, daß es eine zweite Bedeutung des Wortes „Elektrizitätswirtschaft“ geben muß, nämlich als eines Teiles der Energiewirtschaft, als „Deckung des Energiebedarfs durch Elektrizität“.

Neben diesem Zweig der Energiewirtschaft gibt es im entsprechenden Sinne eine Gaswirtschaft, eine Kohlewirtschaft, eine Mineralölwirtschaft. Jeder dieser Zweige hat es mit ganz anderen Produkten und Zwillingenpaaren solcher zu tun: der eine mit Strom, Glühlampen, Elektromotoren usw. (darunter Leitungsmaterial), der andere mit Gas und Gasgeräten, der dritte und vierte mit festen und flüssigen Brennstoffen, mit dazu gehörigen Feuerungen, Maschinen, Motoren. Soviele Produkte, so viele Unterschiede, Gegensätze, ja Fremdartigkeiten. Und kaum etwas würde sie alle zusammenführen, sie, die Strom erzeugen, Gasleitungen legen, in die Grube einfahren oder Verbrennungsmotoren konstruieren, wenn nicht das eine: daß sie alle miteinander bestrebt sind, Energiebedarf zu decken, daß sie alle miteinander ringen um den Verbraucher als Konsumentem, dem sie seine Wünsche von den Augen abzulesen trachten und auf den sie zudem als Endproduzenten zur Erfüllung seiner eigenen Wünsche angewiesen sind. Das aber, hat wieder eine besonders eigenartige Rückwirkung auf alle Glieder der Energiewirtschaft: sie treffen sich nur im Verbrauch, nicht in der Produktion, nur in der Bedarfsdeckungsaufgabe, nicht in der Bedarfstechnik. Umgekehrt: sie mögen technisch und produktionswirtschaftlich durch hohe Scheidewände voneinander getrennt sein; aber im Dienst am Verbraucher, in der absatzwirtschaftlichen Aufgabe vollzieht sich ihre Verschmelzung, Verschwisterung. Sie mögen auch hier einander den Rang abzulaufen bestrebt sein; aber in den Verbraucherwünschen und -belangen ist der unbestechliche Maßstab für ihre Leistung, ihre Wertung gegeben.

Und daraus folgt dies letzte: daß sie alle ein gemeinsames Interesse am Verbraucher haben. Wer weiß denn über seine Absatzziffern hinaus, wie die Verbraucherwünsche und seine Möglichkeiten zu beurteilen, zu bewerten sind? Gewiß, Absatzziffern sind ein wichtiger Maßstab. Aber müßte der Strom- und Elektrogeräteeieferer nicht mindestens noch die des Gas- und Gasgeräteeieferers kennen? Könnte nicht jeder von ihnen großen Nutzen ziehen aus zuverlässiger Kenntnis der Absatzentwicklung an festen und flüssigen Brennstoffen und der zugehörigen Maschinen und Feuerstätten? Energiewirtschaftliche Marktanalysen, verbraucherwirtschaftliche Untersuchungen, Messungen des Verbrauchs an Licht, Kraft und Wärme, Wertungen des Bedarfs in seinen örtlichen und zeitlichen, qualitativen und quantitativen Differenzierungen, internationale Vergleiche unter vergleichbaren Voraussetzungen (an denen es leider meist fehlt), Vorausschätzung des Bedarfs unter verschiedenen wirtschafts-evolutionären Bedingungen — das sind die zentralen Probleme einer Energiewirtschaft als Zusammenfassung aller, die an der Deckung des Bedarfs an Licht, Kraft und Wärme mitzuwirken haben (unter Einschuß der Verbraucher selbst). Es sind keineswegs rein technische Aufgaben mehr, aber ohne viel Technik geht es auch hier nicht. Freilich sind die hier am meisten interessierenden technischen Probleme nicht immer die, die bisher im Vordergrund standen. In der Elektrotechnik z. B. ist es die Anwendungs-nicht die Erzeugungs- und Übertragungstechnik. Die Produktionsprobleme der Energiewirtschaft werden — mit ihren spezifischen Wirtschaftlichkeitsfragen — von den technischen Disziplinen in klassischer Tradition behandelt. Die

Energiewirtschaft ist ihnen gegenüber zunächst der Anwalt der Verbraucher. Das erschöpft keineswegs ihren Inhalt und ihre Aufgabe; aber es macht sie für unsere Zeit des Wiederaufbaus, der planenden Vorausschau und des wieder auflebenden energiewirtschaftlichen Wettbewerbs besonders aktuell<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Die Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V. in Karlsruhe hat sich die Förderung der Energiewirtschaft im dargelegten Sinne durch Forschung, Lehre und Aufklärung zum Ziel gesetzt. Ihre Mitglieder setzen sich hauptsächlich aus Unternehmern und Organisationen aller Zweige der Energieträgerproduktion zusammen.

## Der Einfluß des Faserverlaufes auf die elektrische Verschleißfestigkeit von Wolfram-Kontakten

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Platinschmelze Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim)

Von Albert Kell und Carl-Ludwig Meyer, Pforzheim

DK 937.311.4.002.3 : 669.27

**Übersicht.** Nach einem kurzen Überblick über die Einflüsse, die auf elektrische Abhebekontakte wirken können, wird im besonderen die Einwirkung beschrieben, die Herstellungsverfahren und Mikrostruktur auf den Abbrand von Kontakten aus einem Sinterwerkstoff haben.

Das technisch außerordentlich wichtige Gebiet der Werkstoffe für elektrische Abhebe- und Gleitkontakte ist in einer umfangreichen Spezialliteratur beschrieben worden und in kritischen Zusammenfassungen wie beispielsweise von R. Holm [1] und W. Burstyn [2] einheitlich dargestellt worden. Trotz der Vielzahl der für diesen Verwendungszweck vorgeschlagenen echten Legierungen und auf dem Sinterwege gewonnenen Verbundkörper aus Metallen, die sich auf schmelzflüssigem Wege nicht miteinander legieren lassen, oder aus Metallen mit nichtmetallischen Beimengungen, ist der Kreis der praktisch eingesetzten Werkstoffe nicht allzu groß. Dies ist eine Folge der außerordentlich vielfältigen Anforderungen, die durch die Betriebsbedingungen an einen elektrischen Schaltkörper gestellt werden, und denen letzten Endes doch nur eine begrenzte Anzahl chemischer Elemente einigermaßen gerecht werden kann. So werden bei Abhebekontakten z. B. in Abhängigkeit von der geforderten Schaltleistung andere Gesichtspunkte für die Auswahl der Werkstoffe maßgebend sein, je nach dem, ob im Gebiete der Grobwanderung, also mit Funkenbildung gearbeitet werden soll oder im Gebiet der Feinwanderung. Die letztgenannte Erscheinung ist in letzter Zeit besonders durch E. Justi [3] eingehend theoretisch und praktisch untersucht worden. Weitere sehr wesentliche Gesichtspunkte können sich ferner aus der Forderung nach einem niedrigen Übergangswiderstand ergeben, der seinerseits wieder in direktem Zusammenhang steht mit der Edelkeit des Kontaktmaterials, dessen Oxydationsbeständigkeit außerdem nicht nur von der Wahl des Grundwerkstoffes abhängig ist, sondern in hohem Maße auch von der Anwesenheit weiterer, eventuell unedler Legierungskomponenten. Diese sehr komplexen Erscheinungen sind beispielsweise in den vergangenen Jahren von E. Raub [4] und G. Schrag [5] untersucht worden, und ein Beitrag dazu soll in einer späteren Arbeit noch gegeben werden.

Es erscheint demnach ohne weiteres verständlich, daß es schwer ist, in der Praxis allgemein gültige und ohne Sonderkenntnisse anwendbare Vorschriften für den Einsatz der verschiedenen Werkstoffe zu geben. Ein Schema, das als ungefähre Richtlinie dienen kann und in dem eine Übersicht bekannter Werkstoffe in Abhängigkeit von Verschleiß und Übergangswiderstand gegeben ist, wurde kürzlich von R. Palme [6] diskutiert. In einem derartigen Diagramm liegen die reinen Edelmetalle an der einen Seite (niedriger Übergangswiderstand, hoher Verschleiß), wogegen reines Wolfram den anderen Extremwert (hoher Übergangswi-

### Zusammenfassung

Während Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft anerkannte Disziplinen unserer Hochschulen sind, wird die vielseitige Bedeutung der Energiewirtschaft noch zu wenig erkannt. Sie müßte Gegenstand der Forschung besonders an Technischen Hochschulen sein, Gegenstand der Lehre für alle Zweige der Ingenieurausbildung und Gegenstand der Gemeinschaftsarbeit für alle an der Licht-, Kraft- und Wärmebedarfsdeckung beteiligten Wirtschaftszweige und Industrien.

derstand, geringster Verschleiß) darstellt und die Legierungen und Verbundstoffe das Mittelfeld füllen.

Die physikalischen und chemischen Grundeigenschaften der verwendeten Werkstoffe, auf die bei derartigen Versuchen einer systematischen Zusammenstellung Bezug genommen wird, hängen außerdem von ihrem Reinheitsgrad ab, ebenso wurde der Einfluß des Verarbeitungsprozesses bereits erkannt<sup>1</sup>. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die Wirkung dieses letzteren Faktors, das bei dem Vergleich von Wolframkontakten der verschiedensten Herkunft<sup>2</sup> und Mikrostruktur gewonnen wurde, bildet den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

### Wolfram als Kontaktwerkstoff

Entsprechend seiner Vorzugsstellung in der vorstehend erwähnten schematischen Einteilung hat sich das Wolfram viele Anwendungsgebiete gesichert, in denen es durch kein anderes Metall ersetzt werden kann. Ausschlaggebend hierfür sind: Sein hoher Schmelzpunkt, die große Härte und die geringe Neigung zur Funkenbildung. Die Anwendung erstreckt sich folglich auf solche Gebiete, in denen beim Öffnen und Schließen infolge Lichtbogenbildung eine hohe Werkstoffbeanspruchung gegeben ist. Voraussetzung sind eine genügend hohe Kontaktlast, die mindestens 20 g, besser jedoch 100 g betragen soll, und in Anbetracht des hohen Übergangswiderstandes eine nicht zu niedrige elektrische Betriebsspannung (untere Grenze etwa 6 V). Derartige Fälle sind z. B. in der Autoelektrik, bei Zerkhackerkontakten, Starkstromschaltern usw. gegeben. Infolge seines hohen Schmelzpunktes werden Wolfram-Formkörper nicht über den Schmelzfluß erzeugt, sondern pulvermetallurgisch; die Technik des Verfahrens ist von R. Kieffer und W. Hotop [7] sowie von F. Skaupe [8] eingehend beschrieben worden. Das Ausgangsprodukt für diese Fertigung ist ein Wolframpulver hohen Reinheitsgrades (99,8%), das zunächst gepreßt, dann bei hohen Temperaturen gesintert und anschließend durch Warmverformung zu Stangen des gewünschten Durchmessers verarbeitet wird. Von diesen Stangen werden dann üblicherweise mit Hilfe von schnell laufenden Trennscheiben die Kontaktplättchen abgestochen, diese auf die Kontaktträger aufgelötet oder geschweißt und anschließend auf der Kontaktfläche geschliffen, geläppt oder elektrolytisch poliert. Je nach der Temperaturführung bei der Warmverformung der Wolframstangen und der Art des gewählten Verformungsvorganges treten verschiedene Strukturen des Kristallgefüges auf, für die zunächst drei charakteristische Beispiele gegeben werden sollen. Durch Rekristallisation beim Sintern bildet sich ein grobkörniges Ge-

<sup>1</sup> Nach unveröffentlichten Mitteilungen von O. Römer, Siemens & Halske AG.

<sup>2</sup> Wir danken insbesondere dem Metallwerk Plansee, Reutte in Tirol, für die Überlassung von Vergleichsproben.



Bild 1. Rekrystallisiertes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).



Bild 2. Gehämmertes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).



Bild 3. Gezogenes Wolfram, anodisch geätzt (V = 70).

füge aus (Bild 1), durch Hämmern bei hohen Temperaturen werden derartige Kristalle stark in der Längsrichtung der Stange gestreckt (Bild 2), allerdings gleichzeitig auch zertrümmert; durch Warmziehen entstehen schließlich sehr gestreckte, faserige Strukturen (Bild 3).

Nach den vorstehend erwähnten Herstellungsmethoden ist es nun gegeben, daß die beim Schmieden oder Ziehen im Wolframstab entstehende Faserstruktur senkrecht zur Kontaktfläche im abgestochenen Plättchen liegt. Eine derartige Lage der Faserrichtung wird im allgemeinen als günstig für die Kontakteigenschaften angesehen, obwohl gelegentlich aus fertigungstechnischen Gründen auch parallel zur Kontaktfläche liegende Faserstrukturen gewählt werden, nämlich dann, wenn es sich um die Herstellung von verhältnismäßig großen Kontaktflächen handelt, die sich nur durch Ausstanzen aus warmgewalzten Blechen herstellen lassen. Allgemein werden in den Liefervorschriften jedoch als im Vergleich zum Faserverlauf wichtigere Merkmale der Reinheitsgrad und die Kornzahl pro Flächeneinheit der Kontaktfläche vorgeschrieben, wobei das letztere Kennzeichen allerdings gelegentlich Mißverständnisse veranlassen kann. Die üblichen Ätzmittel zur Sichtbarmachung des Gefüges, wie Ferricyanidlösung oder anodische Ätzung mit Natronlauge, lassen nämlich bei Schließen senkrecht zur Faserstruktur nicht so sehr die Korngrenzen hervortreten, als daß sie die Kornfläche aufrauen und somit häufig eine größere Feinkörnigkeit vortäuschen. Das bessere Kriterium für die Eignung als Kontaktwerkstoff scheint daher bereits nach solchen rein methodischen Gesichtspunkten in einer Prüfung auf die Erstreckung des Kornes senkrecht zur Kontaktfläche zu liegen, die ihrerseits bei der Ätzung leichter beurteilt werden kann als die Kornzahl pro Flächeneinheit in der Kontaktfläche, quer zur Faserrichtung gemessen. Im allgemeinen ist es jedoch außerordentlich schwer, ein genaues Bild über die Zusammenhänge derartiger, nach metallographischen Gesichtspunkten definierter Strukturen mit der tatsächlichen Eignung von Kontaktwerkstoffen zu erhalten, da Kontaktversuche schwer reproduzierbar sind und entsprechend erhebliche Streuungen in den Ergebnissen auftreten können. Es schien daher der Anlaß gegeben, durch einige spezielle Versuche die Wirkung von Korngröße und Faserverlauf noch näher zu prüfen.

**Einfluß des Faserverlaufes auf die Verschleißfestigkeit**

Die Versuche bezogen sich auf einen Werkstoff besonderer Herstellung, bei dem eine Umkehr in der Faserrichtung

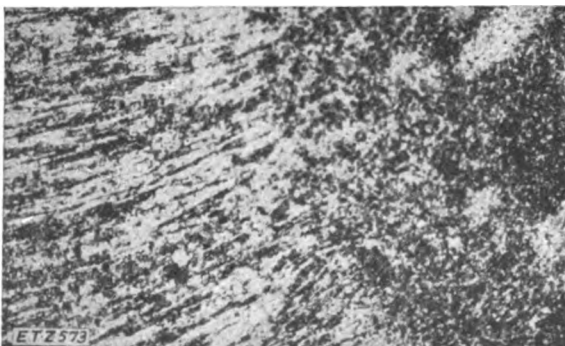


Bild 4. Zone in der Oberfläche eines Wolframkontaktes mit Änderung in der Richtung des Faserverlaufes, geätzt (V = 70).

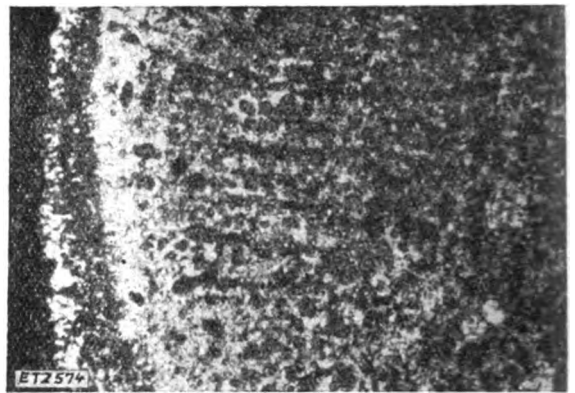


Bild 5. Randzone der Oberfläche eines Wolframkontaktes nach 2,25 · 10<sup>6</sup> Schaltungen, 220 V, 0,8 A, ungeätzt (V = 70).

innerhalb ein und derselben Kontaktfläche gegeben war, wodurch zweifellos eine wesentlich erhöhte Sicherheit in der Beurteilung der Ergebnisse gegenüber getrennten Einzelversuchen gegeben ist. Die untersuchten Kontaktplättchen zeigten einen Faserverlauf, wie er für Körper kennzeichnend ist, die durch eine Kraftwirkung in Richtung der ursprünglichen Faser (Stauchung) deformiert worden sind. Ein Schnitt durch ein solches Kontaktplättchen wird weiter unten in Bild 10 und 11 noch näher erläutert werden; bei ihm zeigte die Fasern im Schnittbild am Rand einen stark schleifenförmigen Verlauf und lagen in dieser Zone parallel zur Kontaktfläche, wohingegen sie in der Mittelzone senkrecht zur Kontaktfläche standen.

Bild 4 gibt im Ausschnitt einen solchen Kontakt in stärkerer Vergrößerung in Aufsicht auf die Kontaktfläche wieder, wobei die Struktur durch anodisches Ätzen sichtbar gemacht wurde. Im linken Bildteil liegen die Fasern in der Bildebene, d. h. also auch in der Ebene der Kontaktfläche, und im rechten Teil (Kontaktmittelzone) stehen sie senkrecht auf dieser. Da die Übergangszone recht scharf ausgeprägt war, schien es wichtig, zu wissen, wie solche Kontakte sich praktisch bewähren würden. Sie wurden in technischen Geräten untersucht bei Bedingungen, wie sie Fernschreibmaschinen für Wechselstrombetrieb vorliegen:

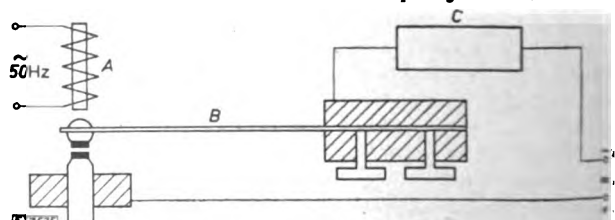
Stromstärke 0,8 A	Kontaktlast etwa 300 g
Spannung 220 V	Kontaktdurchmesser 4 mm
Schalzhäufigkeit 25/s	Oberfläche plan geschliffen.

Dabei ergab sich die bemerkenswerte Tatsache, daß bereits nach 25 Betriebsstunden an den Kontaktändern eine deutlich sichtbare Erosion der Korngrenzen eingetreten war, die ein ähnliches Heraustreten der dort parallel zur Kontaktfläche liegenden Kristallfaser (Bild 5) wie bei einer Ätzung erkennen ließ.

Nach 80...100 Betriebsstunden zeigte sich schließlich eine deutlich bevorzugte Abtragung der Randzone. Die Versuche wurden daraufhin in einer laboratoriumsmäßigen Prüfeinrichtung wiederholt, deren Schaltschema in Bild 6 gegeben ist.

Im Gegensatz zu der ersten orientierenden Versuchsserie wurde mit Gleichstrom gearbeitet, wobei sich in dem untersuchten Gebiet der Grobwanderung ausschließlich das Material der Kathode abbaut. Die Prüfbedingungen waren:

Stromstärke 4 A	Kontaktlast 500 ... 1000 g (unter Zuhilfenahme des Impulssatzes überschlägig errechnet)
Spannung 36 V	Kontaktdurchmesser 4 mm
Schalzhäufigkeit 100/s	Oberfläche plan geschliffen.



A Magnet  
B Blattfeder auf 100 Hz abgestimmt  
C Induktionsfreier Vorwiderstand  
Bild 6. Kontaktprüfgerät (schematisch).



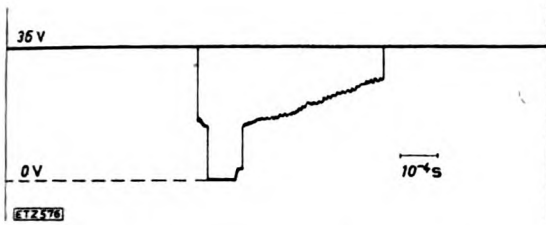


Bild 7. Spannungszosillogramm (schematisch). Die Spannung fällt durch das Einschalten mit einer leichten Verzögerung durch den schwach markierten Einschaltlichtbogen von 36 auf 0 V. Der Kontakt bleibt  $\approx 10^{-4}$  s geschlossen. Beim Öffnen bilden sich eine kleine Schmelzstufe sowie anschließend unregelmäßige Öffnungsfunken von  $\approx 5 \cdot 10^{-4}$  s Dauer aus.

Die Prüfdauer betrug 15 h ( $5,4 \cdot 10^6$  Schaltungen). Der Schaltvorgang wurde mit einem Oszillographen überprüft, ein schematisches Bild eines solchen Schaltvorganges ist in Bild 7 wiedergegeben. Man kann diesem Oszillogramm entnehmen, daß die Einschaltdauer rd.  $10^{-4}$  s beträgt und daß die Schaltung prellfrei erfolgt, die Dauer des Abreiblichtbogens beträgt 0,5 ... 1 ms.

Das Ergebnis einer solchen Prüfung eines normalen Wolframplättchens, das aus einer geschmiedeten Stange abgestochen worden war und eine gleichmäßige Faserstruktur entsprechend Bild 2) senkrecht zur Kontaktfläche besaß, ist in Bild 8 (Kathode) wiedergegeben. Die Oberfläche ist etwas aufgeraut, aber im Ganzen gleichmäßig abgetragen, die Mittelzone zeigt wie üblich einen nahezu punktförmigen stärkeren Angriff. Wolframplättchen der in Bild 4 und Bild 10 gezeigten Struktur gaben einen abweichenden Befund. Die Aufsicht auf die Kontaktfläche (Kathode, Bild 9) zeigte eine stärker und sehr unregelmäßig abgetragene Randzone und eine erhaben stehengebliebene Mittelzone. In diesem Fall war das Zentrum der Oberfläche zwar etwas verfärbt, aber in keiner Stelle stärker angegriffen. Besonders deutlich wird

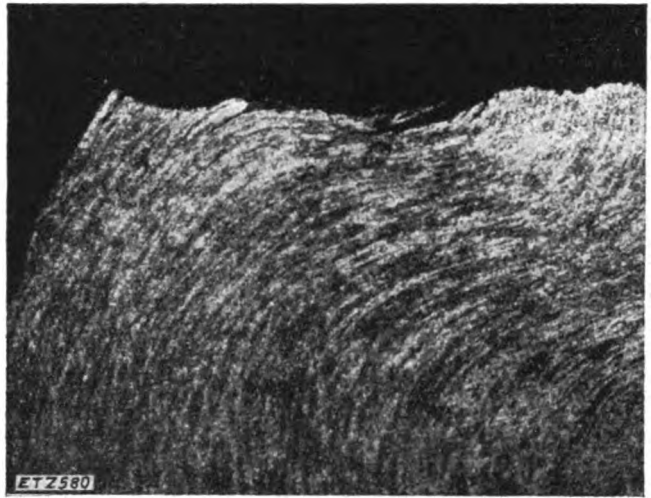


Bild 11. Teilgebiet aus der Kontakttrandzone von Bild 10, geätzt ( $V = 75$ ).

Unterschied besteht in der Abbaugeschwindigkeit von Kristallinnerem und Korngrenze. Im Falle der senkrecht zur Abbaurichtung stehenden Faser werden zunächst die Korngrenzen abgetragen. Dieser Abbau kommt zum Stehen, wenn die Abschirmwirkung der heraustretenden Kristallspitzen genügend groß wird und die Kristalle fest im Gefüge verankert sind. Für den weiteren Stoffabbau ist dann die Abbaugeschwindigkeit des Kristallinneren geschwindigkeitsbestimmend. Liegt die Faser jedoch parallel zur Oberfläche, so können durch die Erosion der Korngrenzen leichter ganze Kristalle aus dem Gefügeverband gelöst werden, wodurch der Materialabbau vermutlich beschleunigt wird. Der bevorzugte Abbau der Korngrenzen ist an sich verständlich und bietet eine gewisse Analogie zu den Erscheinungen der interkristallinen Korrosion. Diese tritt bekanntlich bei gegossenen Legierungen häufig als Folge der Kristallseigerung auf, die sich auch für geringste Anreicherungen von Spurenelementen an den Korngrenzen durch spektrographische [9, 10] und radioaktive [11] Methoden nachweisen läßt. Im Falle der gesinterten Wolframproben ist eine bevorzugte Verunreinigung der Korngrenzen vielleicht nicht der ausschlaggebende Faktor, sondern eher der nach dem Herstellungsverfahren gegebene Verformungsvorgang bei relativ zum Schmelzpunkt niedrigen Temperaturen, der einen größeren Fehlordnunggrad der Atome an den Korngrenzen wahrscheinlich macht, weswegen weniger Energie notwendig sein dürfte, die Atome an den Korngrenzen herauszulösen. Diese Anschauung wird gestützt durch die Beobachtung an Kontaktplättchen, bei denen anscheinend durch eine stärkere Verformung in der Mittelzone keinerlei Faserrichtung mehr zu erkennen war. Bei diesen wurde der Werkstoff in der an sich sehr feinkörnigen Mittelzone nicht mehr verzögert abgebaut gegenüber der Randzone mit parallel zur Oberfläche liegender Faser, sondern sogar eher etwas beschleunigt.

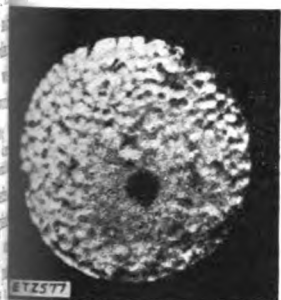


Bild 8. Kontaktoberfläche (Kathode) nach  $5,4 \cdot 10^6$  Schaltungen, 36 V, A; Wolfram mit gleichmäßiger Faserstruktur, ungeätzt ( $V = 9$ ).



Bild 9. Wie Bild 8, jedoch Wolfram mit wechselndem Faserverlauf (entsprechend Bild 10).

Der Effekt bei höherer Vergrößerung (Bild 11), wo sich im Querschnitt die Abhängigkeit des Materialverlustes von dem Faserverlauf erkennen läßt. Zu erwähnen ist ferner noch, daß bei Blindversuchen ohne Stromdurchgang selbst nach etwa  $50 \cdot 10^6$  Schaltungen keinerlei meßbare Materialverluste an Wolframkontakten auftraten, und daß bei den Gleichstromversuchen die Anode keine strukturbedingten Veränderungen zeigte. Eine rein mechanische Wirkung des Schaltvorganges (Schlagwirkung beim Schließen der Kontakte) kann also in der beschriebenen Erscheinung nicht vorliegen, sondern es muß sich tatsächlich um eine Beeinflussung der Grobwanderung im Lichtbogen durch den Faserverlauf im Kontaktwerkstoff handeln.

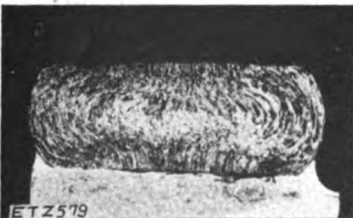


Bild 10. Schnitt durch den Kontakt von Bild 9, geätzt ( $V = 9$ ).

Man kann aus diesen Befunden die Schlußfolgerung ziehen, daß bei der elektrischen Beanspruchung ein gewisser

Der geschilderte Effekt soll natürlich in seiner Bedeutung für die praktische Bewährung von Kontaktwerkstoffen nicht überschätzt werden, da die ungleichmäßige Abtragung von Oberflächen infolge von Struktureinflüssen klein ist im Vergleich zu Einflüssen einer mangelhaften Justierung oder einer Kontaktverschmutzung im Betrieb. Immerhin sollte er in den Fällen beachtet werden, in denen höchste Ansprüche an den Werkstoff gestellt werden und bisher bereits die Forderung nach besonderer Feinkörnigkeit erhoben wurde.

Es erscheint in diesen Fällen zweckmäßig, nicht nur die Kornzahl pro Flächeneinheit der Oberfläche zu beachten, die ausschließlich von dem Grad der Durchknetung abhängt, sondern hauptsächlich die gleichmäßige Ausbildung und geeignete Richtung der Faserstruktur zu prüfen. Ob der Effekt nur bei gesinterten Werkstoffen in meßbarer Größe auftritt oder auch bei Legierungen festgestellt werden kann, die über den Schmelzfluß erzeugt werden, bildet den Gegenstand weiterer Untersuchungen.

## Zusammenfassung

Es werden allgemein die Einflüsse besprochen, die beim Betrieb von Unterbrecherkontakten wirksam sind. Als ein besonderes Beispiel wird der Effekt gezeigt, der durch eine Änderung im Faserverlauf innerhalb der Kontakttoberfläche bei gesinterten und warmverformten Wolframplättchen beobachtet wurde. Nach den beschriebenen Versuchen erfolgt der Werkstoffabbau an der Kathode langsamer, wenn eine gleichmäßige, feinfaserige Struktur vorliegt, sofern die Faserrichtung senkrecht zur Kontakttoberfläche liegt. Bei parallel zur Kontakttoberfläche liegender Faser wird der Werkstoff etwas rascher und unregelmäßiger abgebaut.

Fräulein Herta Rothhammer danken wir für die Durchführung der metallographischen Arbeiten.

## Schrifttum

- [1] R. Holm: Electric Contacts. Hugo Gebers Förlag, Stockholm 1948.
- [2] W. Burstyn: Elektrische Kontakte und Schaltvorgänge. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950.
- [3] E. Justi und H. Schultze: Abh. Braunschweig. Wiss. Ges. 1 (1949) Nr. 1, S. 89.
- [4] E. Raub: Z. Metallkde. 38 bzw. Metallforsch. 2 (1947) S. 281.
- [5] G. Schrag: Z. Metallkde. 38 bzw. Metallforsch. 2 (1947) S. 25.
- [6] R. Palme: Einf. in die Pulvermetallurgie. K. Wanke, Graz 1948, S. 172.
- [7] R. Kieffer u. W. Hotop: Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1948.
- [8] F. Skaupy: Metallkeramik. Verlag Chemie, Weinheim (Bergstr.) 1950.
- [9] W. Gerlach u. E. Schweitzer: Z. anorg. Chemie 173 (1928) S. 104.
- [10] A. Keil: Z. angew. Chemie 62 (1950) S. 411.
- [11] W. Seith u. A. Keil: Z. Metallkde. 26 (1934) S. 68.

## Fernsehversuchssendungen im NWDR

Von Werner Nestel, Hamburg

DK 621.3

**Übersicht.** Nach einem Überblick über die historische Entwicklung des Fernsehens in Deutschland und einer kurzen Erläuterung des Prinzips der Fernsehübertragung wird zu den Vor- und Nachteilen der drei praktisch zur Anwendung kommenden Zeilensysteme, des englischen mit 405 Zeilen, des französischen mit 819 Zeilen und des Systems aller übrigen Länder mit 625 Zeilen bei 25 Bildern und 525 Zeilen bei 30 Bildern/s, Stellung genommen. Die Vorteile, die zur Wahl des 625-Zeilensystems in Deutschland geführt haben werden angegeben. Der Stand des Fernsehversuchsbetriebes des NWDR und die Vorbereitungen für ein allgemeines Publikums-Fernsehen werden beschrieben.

Das Thema Fernsehen wird zur Zeit mit größtem Interesse in der Öffentlichkeit diskutiert. Die außergewöhnliche Verbreitung, die das Fernsehen in den USA mit rd. 8 Millionen Fernsehteilnehmern innerhalb der letzten drei Jahre, in England mit rd. 0,6 Millionen Fernsehteilnehmern innerhalb der letzten zwei Jahre gefunden hat, ergibt, daß man sich auch in Deutschland Gedanken über die Einführung des Fernsehens macht.

Die deutsche Fernsehentwicklung und Fernstechnik stand in den Jahren vor dem Kriege mit an erster Stelle. Wir haben deshalb auf dem Fernsehgebiet eine gewisse technische Tradition zu wahren. — Schon 1928 hatte die damalige Reichspost in Zusammenarbeit mit einigen Funkfirmen Arbeiten auf dem Gebiet des Fernsehens begonnen. 1935 wurde die vorliegende technische Entwicklung das erste Mal zur regelmäßigen Übertragung von Programmen benutzt. Die Programme wurden von der damaligen Reichs-Rundfunk-Gesellschaft bereitgestellt. Fernsehempfänger waren nur einem kleinen Kreis von Fachleuten zugänglich. Das Publikum hatte jedoch Gelegenheit, in den von der Post eingerichteten Fernsehstuben, in denen entweder mehrere Empfänger oder Projektionsempfänger mit großem Bild aufgestellt waren, das damalige Fernsehen kennenzulernen.

In großem Umfang sind Übertragungen von der Berliner Olympiade im Jahre 1936 durchgeführt worden und haben die Möglichkeiten des Fernsehens besonders eindrücklich gezeigt. Auf den deutschen Funkausstellungen vor dem Kriege wurden in jedem Jahr Fernsehempfänger verschiedener Systeme gezeigt. Die Bildqualität wurde damals von keiner anderen Seite übertroffen.

Während des Krieges wurde in Deutschland die Fernsehentwicklung weiter vorangetrieben. Nebenher lief der Fernseh-Programmbetrieb. In Paris wurde während des Krieges aus militärischen Gründen ein Fernseh-Rundfunkbetrieb aufgebaut. Die Räume und Anlagen sind zum großen Teil noch heute dort in Betrieb. In Deutschland hörte jeder die Fernseharbeit mit dem Kriegsende auf. Alle vorhandenen Anlagen und Geräte verschwanden.

Die Fernsehtechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß das optische Bild nicht mit einem Schläge in ein elektrisches Bild verwandelt werden kann. Das Bild wird rasterförmig — bei uns mit 625 Zeilen — von links nach rechts und von oben nach unten abgetastet. Bei diesem Vorgang werden die Helligkeitsunterschiede im Verlauf einer Zeile in Spannungsschwankungen umgewandelt. Mit diesen Spannungsschwankungen wird der Sender „moduliert“. Dabei werden noch Impulse beigemischt, die Empfänger dazu benutzt werden können, die Zeilen im gleichen Takt „schreiben“, in dem sie beim Sender „abgetastet“ werden. Entsprechend der Strahlschärfe und der Güte des Abtastvorganges ergibt sich innerhalb der Zeilen der Begriff „Bildpunkt“. Man kann deshalb sagen, daß jede Zeile in Bildpunkte aufgelöst wird.

Der Wiedergabevorgang erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Die amplitudenmodulierte Trägerwelle des Senders überträgt den Verlauf der Helligkeitsschwankungen entsprechenden Spannungsschwankungen und die Synchronisierimpulse zum Fernsehempfänger. Im wichtigsten Bestandteil des Empfängers, in der Braunschen Röhre, wird die Helligkeit eines Kathodenstrahls gesteuert. Damit werden die Spannungsschwankungen wieder in Helligkeitsunterschiede umgewandelt. Die Synchronisierimpulse, die senderseitig vom Taktgeber aus beigemischt worden sind, werden im Empfänger dazu benutzt, den Zeilenweg



Bild 1. 30 Zeilen-Bild.



Bild 2. 60 Zeilen-Bild.





Bild 3. 120 Zeilen-Bild.

Kathodenstrahl auf dem Schirm der Braunschen Röhre genau im gleichen Takt ablaufen zu lassen wie den Abstastvorgang auf der Sendeseite. Das Bild wird damit zeilenweise aufgebaut. Bei bewegten Bildern ist eine Bildwechsellzahl von 25 vollständigen Bildern je Sekunde erforderlich. Wegen der großen Helligkeit, die von den modernen Braunschen Röhren erreicht wird, würde ein störendes Flimmern auftreten. Dies wird vermieden durch das Schrödersche Zeilensprungverfahren. Hierbei werden zunächst die ungeraden Zeilen abgetastet oder geschrieben und dann die geraden. Die Abstände zwischen den Zeilen und die Zeilenanfänge müssen dabei mit höchster Genauigkeit eingehalten werden. Es werden damit 50 Teilbilder (je 25 die nur die geraden, 25 die nur die ungeraden Zeilen enthalten) übertragen und damit wird das Bildflimmern bis zu großen Bildhelligkeiten vermieden.

Diese vereinfachte Darstellung des Fernsehvorgangs führt dazu, daß sich sofort die Frage ergibt, in wieviel Zeilen ein Bild aufgelöst werden muß, um genügend viele Bild-Einheiten übermitteln zu können. Die ersten Fernsehversuche wurden mit einer 30 Zeilen-Auflösung (Bilder 1 ... 3) durchgeführt; die Olympiade 1936 wurde mit dem 180 Zeilen-System übertragen, noch ohne Zeilensprung. 1938 wurde das damalige deutsche Fernsehen auf 441 Zeilen mit Zeilensprung umgestellt. Gleichzeitig begann das englische Fernsehen mit 405 Zeilen.

Der technische Aufwand der Fernsehübertragungsanlage wächst, wie jedem Ingenieur leicht verständlich ist, mit zunehmender Zeilenzahl. Es ist deshalb eine ganz besonders verantwortungsvolle Entscheidung, die Zeilenzahl festzulegen. Einerseits müssen genügend gute Bilder geliefert werden, andererseits darf kein zu hoher und damit unwirtschaftlicher Aufwand ausgelöst werden. Glücklicherweise kommt dieser Entscheidung zu Hilfe, daß das Auge den Fernsehzuschauer nicht beliebig feine Einzelheiten unterscheiden lassen kann. Untersuchungen über das „Auflösungsvermögen“ der Augen haben ergeben, daß bei einer Betrachtung eines Bildes aus der zwölffachen Entfernung der Bildgröße 400 Zeilen, bei Betrachtung aus der sechsfachen Entfernung der Bildgröße 600 Zeilen, bei Betrachtung aus der vierfachen



Bild 4. 625 Zeilen-Bild.

Entfernung der Bildgröße 800 Zeilen, bei Betrachtung aus der zweieinhalbfachen Entfernung der Bildgröße 1000 Zeilen ausreichen, um eine ebenso große Auflösung zu ergeben, wie es das Auge vermag. Die Art der Betrachtung von Fernsehbildern ergibt, daß ein so großer Abstand, wie es ein 400 Zeilen-Bild erforderlich macht, als unerwünscht angesehen werden muß. Trotzdem hat man in England der Versuchung nicht widerstehen können, die von vor dem Kriege her vorhandenen 400 Zeilen-Fernsehgeräte wieder in Betrieb zu nehmen. Die dann nach dem Kriege eingetretene starke Ausbreitung des Fernsehens hat dann die Wahl einer anderen Zeilenzahl nicht mehr möglich gemacht. In den USA, wo vor dem Kriege ebenfalls ein 400 Zeilen-Fernsehen bestanden hat, hat man die Kosten der Umstellung nach Kriegsende nicht gescheut und ist dort zu einem 525 Zeilen-Bild mit 30 Bildern pro Sekunde (bedingt durch die in den USA übliche Starkstromnetz-Frequenz von 60 Hz — 525 Zeilen mit 30 Bildern entsprechen 625 Zeilen mit 25 Bildern) übergegangen. In den mitteleuropäischen Ländern, die keine Vorbelastung durch vorhandene Geräte hatten, war man in der Wahl der Zeilennorm frei. Die Länder Italien, Holland, Belgien, Schweiz, Dänemark, Schweden, Finnland und Deutschland haben sich für die 625 Zeilen-Norm entschieden (Bild 4), die durch die Anpassung an die in Europa übliche 50 Hz-Netzfrequenz entsteht. Auch Rußland und sämtliche Satellitenstaaten haben sich für diese Norm entschieden. Lediglich in Frankreich hält man die Möglichkeit, die Fernsehbilder aus noch kleinerer Entfernung betrachten zu können für so wichtig, daß man sich trotz des hohen technischen Aufwandes für die 819 Zeilen-Norm entschlossen hat. Das französische Fernsehen hat sich aber trotz aller Bemühungen nicht in demselben Maße wie das Fernsehen in den USA und in England beim Publikum durchsetzen können. — Die international inzwischen empfohlene 625 Zeilen-Norm deckt sich in den wichtigsten technischen Einzelheiten mit den bereits im Jahre 1948 vom Nordwestdeutschen Rundfunk für das deutsche Versuchsfernsehen festgelegten Daten.

Die Zeilenzahl beeinflusst unmittelbar die Schnelligkeit, mit der die wechselnde Helligkeit der einzelnen Bildpunkte elektrisch übertragen werden muß. Größere Zeilenzahl erfordert deshalb größere Bandbreite des Übertragungskanal. 400 Zeilen erfordern eine Bandbreite von 2,5 MHz, 525 Zeilen mit 30 Bildern und 625 Zeilen mit 25 Bildern erfordern 5 MHz, 819 Zeilen erfordern 10,5 MHz. Während Übertragungswege von 5 MHz Bandbreite sowohl in der Form von Kabeln, als in der Form von cm-Wellen, als auch für die Verbreitung zum Publikum auf UKW ohne Schwierigkeit möglich sind, bedeuten größere Bandbreiten eine Reihe von Schwierigkeiten:

- a) die Leistung der Senderöhren für die UKW-Sender vermindert sich erheblich,
- b) die Verstärkung pro Röhre im Empfänger vermindert sich erheblich, so daß für gleiche Empfindlichkeit mehr Röhren aufgewendet werden müssen,
- c) die Helligkeit und die Bildkontraste auf der Kathodenstrahlröhre verschlechtern sich ebenfalls,
- d) die Kosten der Empfänger verteuern sich zunehmend,
- e) die Empfänger werden von elektrischen Störungen stärker beeinflusst,
- f) die Versorgung größerer Gebiete ist mit den verfügbaren Wellenbereichen nicht möglich.

Die Länder, die die 625 Zeilen-Norm angenommen haben, können also darauf hinweisen, daß nicht nur optische, sondern auch eine Reihe von elektrischen Gründen diese Wahl rechtfertigen.

Nach internationalen Vereinbarungen stehen zunächst zwei Wellenbereiche im UKW-Bereich für das Fernsehen zur Verfügung,

- A) der Bereich 41 ... 68 MHz
- B) der Bereich 174 ... 216 MHz.

Da der Bereich A bereits durch bestehende Fernsehsender belegt ist, hat sich der Nordwestdeutsche Rundfunk dazu entschlossen, den Fernsehversuchsbetrieb und auch das zukünftige

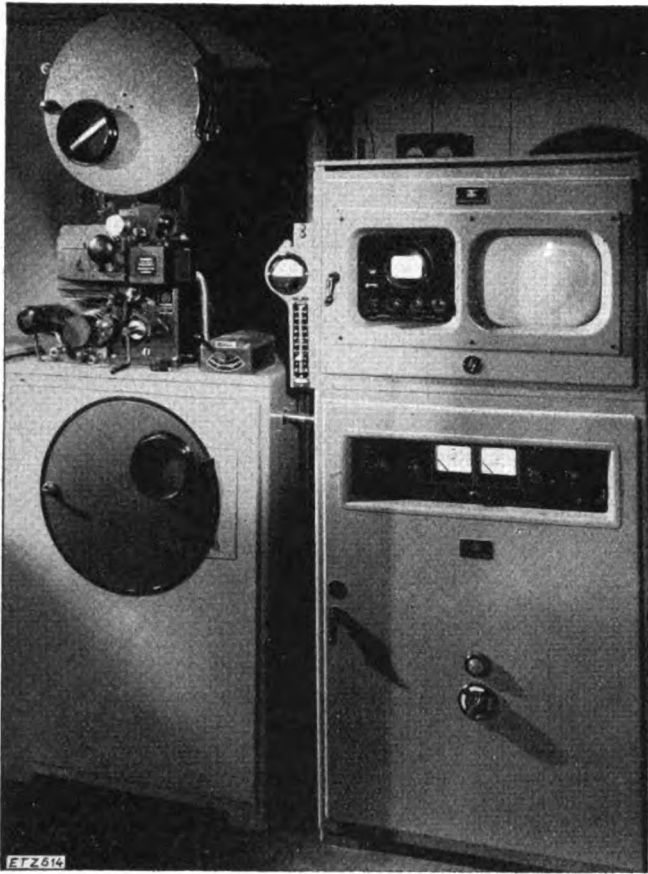


Bild 5. Filmkamera. Links die Einrichtung der Kathodenstrahlröhre, die das Bildraster erzeugt, in der Mitte das Laufwerk des Films mit der zugehörigen Optik, rechts die Photozelle zur Umwandlung der Lichtintensitäten in elektrische Vorgänge und der Bild- und Tonverstärkerschrank.

tige Publikumsfernsehen in dem Bereich B durchzuführen. Nachdem es durch neuere Röhrentwicklungen gelungen ist, auch in diesem Wellenbereich hohe Sendeleistungen darzustellen, besteht sogar der Vorteil, daß diese Wellen weniger stör anfällig sind und auf der Sendeseite höhere Antennenbündelungen, auf der Empfangsseite billigere Empfangsantennen ermöglichen.

Der beim Nordwestdeutschen Rundfunk bereits eingerichtete Fernsehversuchsbetrieb in Hamburg ist bis jetzt ausgerüstet mit zwei Geräten zur Sendung von Filmen (Bild 5), einem Gerät zur Sendung von Diapositiven und drei Kameras zur Aufnahme und Übertragung von irgendwelchen Darbietungen (Bild 6). Diese Fernsehgeräte modulieren einen 0,1 kW-Bild- und einen 0,06 kW-Tonsender, die zunächst noch auf Wellen in der Nähe von 100 MHz arbeiten; in Kürze werden sie jedoch auf das endgültige Fernsehband bei 200 MHz umgestellt.

Bereits in Auftrag gegeben sind weitere Fernsehgeräte, deren Lieferung in Kürze erwartet wird. Hierzu gehören weitere Filmübertragungsgeräte, eine Anlage für Epidiaskopbilder, ein Fernsehübertragungswagen für Außenauf-



Bild 6. Studiokamera.

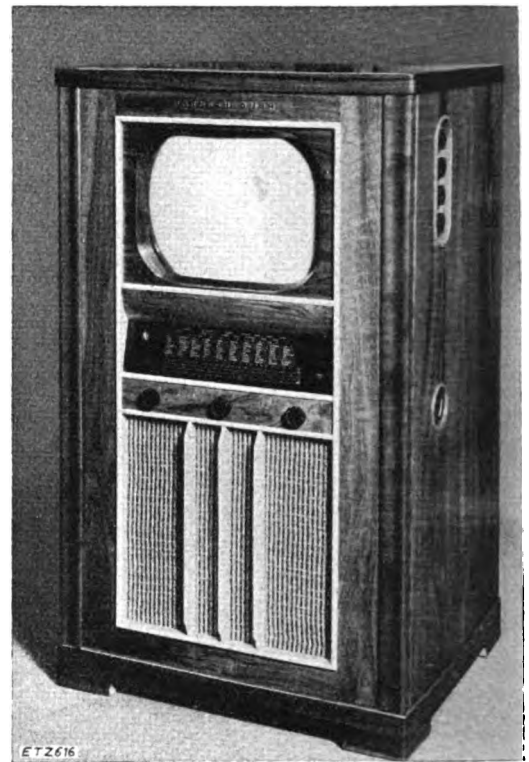


Bild 7. Fernsehempfänger.

nahmen und eine Programmregistrieranlage, mit der Fernsehprogramme auf Filme aufgezeichnet werden können, ebenso wie die Sendungen des üblichen Rundfunks über das bekannte Magnetophonverfahren festgehalten werden.

Die Deutsche Bundespost hat es ebenso wie beim Rundfunk übernommen, die Übertragungswege für die Übermittlung der Programme von einem Sender zum anderen, von einem Studio zum anderen, zu schaffen. Hierfür werden Dezimeterstrecken aufgebaut, zunächst zur Verbindung Hamburg — Hannover — Köln — Frankfurt; später soll diese Strecke verlängert werden nach Baden-Baden und München einerseits und Berlin andererseits.

Die Rundfunkindustrie bereitet das zukünftige Publikumsfernsehen ebenfalls vor. Während die bisherigen, nur in ganz kleiner Stückzahl gebauten Versuchsempfänger noch verhältnismäßig teuer sind, kann erwartet werden, daß Empfangsgeräte bei größerer Auflage zu einem Preis in der Größenordnung von 1000 DM verkauft werden können (Bild 7).

Nachdem die errichtete Fernsehversuchsanlage gezeigt hat, daß der technische Stand in Deutschland sehr schnell zu einer Beherrschung aller Teilprobleme geführt hat, sind jetzt die Arbeiten auf der Programmseite im Gange, die der Erprobung geeigneter Programme, der Schulung von Regisseuren und Schauspielern und der Ermittlung der Programmkosten dienen sollen.

Die Erweiterung des derzeitigen Versuchsf Fernsehens zum endgültigen Publikumsfernsehen ist eine Frage mit so erheblichen politischen, wirtschaftlichen und technischen Auswirkungen, daß sie von den beteiligten Stellen mit größter Sorgfalt geprüft werden muß. Es ist zu hoffen, daß die Entscheidung in dem Sinne zustande kommt, daß Deutschland bald auch über ein vollwertiges Publikumsfernsehen verfügen kann.

#### Zusammenfassung

Das für den Aufbau des Publikumsfernsehens in Deutschland verwendete 625 Zeilensystem ist aus wohl abgewogenen optischen und elektrischen Gründen gewählt worden. Die Einzelprobleme werden gut beherrscht. Damit steht dem Fernsehen bei seinem Start ein sehr viel vollkommener Stand der Technik zur Verfügung als seinerzeit vor 27 Jahren dem Rundfunk.

## Die ersten Regungen des elektrischen Verkehrs (1881)

Von Fr. Heintzenberg, Berlin

DK 621.33 (09)

In der „Gartenlaube“ vom Jahre 1881 findet sich ein Aufsatz, der mit folgenden, ein wenig an Märchenpoesie erinnernden Sätzen beginnt: „Wenn uns jetzt das Dampfroß der Anhaltischen Eisenbahn der Deutschen Reichshauptstadt zuführt, so bemerken wir unweit derselben auf der Station Groß Lichterfelde, dort, wo uns aus der Ferne der stolze Prachtbau der Deutschen Zentral-Kadetten-Anstalt entgegenwinkt, einen Schienenweg, auf dem in gar wundersamer Weise, wie von einer unsichtbaren Macht getrieben, ein schmucker Tramwaywagen in raschem Fluge dahin rollt. Vergeblich sucht unser Auge die treibende Kraft an diesem Gefährt zu entdecken, das Geheimnis seiner Bewegung zu entschlüsseln; man vermag, soweit man auch späht, nichts mehr als seinen gewöhnlichen Bahnkörper und den darauf sich anscheinend von selbst bewegenden Wagen wahrzunehmen... Wendet man sich dann, um dieses Rätsels Lösung zu erfahren, an ein Bäuerlein, das eben im Begriff ist, an der wundersamen Fahrt teilzunehmen, so wird es wohl mit der gleichgültigsten Miene von der Welt, als ob es mit den hier wirkenden Kräften vollkommen vertraut wäre, die kurze Antwort geben: „Dies ist ja die neue elektrische Eisenbahn“.

Es war nicht die erste elektrische Bahn der Welt; die hatte Werner Siemens schon zwei Jahre vorher auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung gezeigt. Aber was da vor 70 Jahren zwischen dem Bahnhof Lichterfelde und der Kadettenanstalt hin und her rollte, war die von Siemens & Halske gebaute erste öffentliche elektrische Straßenbahn der Welt.

Nachdem ein von Werner Siemens ausgearbeitetes Projekt einer elektrischen Hochbahn durch die Friedrichstraße in dem Einspruch der Anwohner gescheitert war, wollte die Firma durch ein praktisches Beispiel den Nachweis erbringen, daß der Fahrbetrieb von Wagen durch elektrische Kraftübertragung möglich, und daß die Anlage von elektrischen Hochbahnen durchführbar sei. Werner Siemens selbst urteilte damals: „Es kann die Lichterfelder Bahn keineswegs als Muster einer elektrischen Bahn zu ebener Erde betrachtet werden; sie ist vielmehr als eine von ihren Säulen und Längsrägern herabgenommene und auf den Erdboden verlegte Hochbahn zu betrachten.“ Gleichzeitig wollte Werner Siemens mit dem Bau dieser Bahn das Prioritätsrecht für Deutschland sichern.

Die Bahnstrecke war 2,5 km lang, die Spurweite betrug 1 m und die Fahrtdauer 5 Minuten. Der 20 Personen fassende Wagen sah aus, „wie ein Einspannerwagen der Tramways“. Das Ganze war ein Unternehmen auf eigene Kosten und ohne Aussicht auf Gewinn.

Als Albert von Maybach, der Minister der öffentlichen Arbeiten, der bis dahin dem elektrischen Bahnbetrieb gegenüber eine überlegene Skepsis gezeigt hatte, nach Lichterfelde kam, war er höchst erstaunt, statt der erwarteten kleinen Lokomotive mit ein paar kleinen Wägelchen einen ausgewachsenen Straßenbahnwagen zu finden, und seine Überraschung wuchs noch mehr, als er sah, wie dieser Wagen sich auf Befehl sofort mit 30 km Geschwindigkeit in Bewegung setzte und diese Geschwindigkeit auch bei der Steigung der Strecke von 1 : 100 nur kaum merklich verringerte. Er erklärte am Schluß der Besichtigungen, daß er nun an den Ernst und die große Zukunft des elektrischen Verkehrs laube.

Das Publikum zeigte sich verblüfft über die Sicherheit und Schnelligkeit, mit der der vollgestopfte Wagen auf der Strecke hin und her flog. Der Andrang war so groß, daß vieler Erwartung der Betrieb der Bahn zu einem positiven finanziellen Ergebnis führte. Es gab Tageseinnahmen von bis zu 100 Mark.

Weniger erfreulich war eine andere Einstellung des Publikums; namentlich die männliche Jugend benutzte die Bahnlinie zur Betätigung ihres Experimentierfeifers. Die

Jungens legten nämlich einen Eisendraht über die beiden stromführenden Schienen und freuten sich dann an dem Glühendwerden und Schmelzen des Drahtes. Ein in der Nähe der Strecke gelegener Drahtzaun aus 3 mm starkem Eisendraht wurde zu diesem Zweck fast vollständig demontiert. Der den Bahnstrom liefernden Dynamomaschine waren diese Kurzschlüsse natürlich weniger sympathisch. Schließlich mußte die Polizei eingreifen.

Charakteristisch für den damaligen Stand der Technik sind die für den elektrischen Bahnbetrieb ins Feld geführten Vorzüge: Die primäre Antriebskraftmaschine (Dampf-, Luft- oder Gasmaschine) befand sich nicht auf dem Wagen und brauche nicht als tote Last mitgeschleppt zu werden. Der Wagen und auch der Unterbau könnten daher leichter ausgeführt werden. Der Elektromotor hätte nur ein geringes Gewicht und führte keinerlei Gefahr oder Unbequemlichkeit herbei. Kesselheizung und Dampfverwertung seien bei stationären Dampfmaschinen vorteilhafter. Viel vorteilhafter noch würde die Benutzung einer Wasserkraft sein, die durchaus nicht in der Nähe der Bahn zu liegen brauche. Es könnten ohne weiteres zwei oder mehrere Wagen zu Zügen kombiniert oder einzeln in Zeitabständen hintereinander fahren.

Die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit betrug 15 km; nach polizeilicher Vorschrift durfte eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km nicht überschritten werden. Auf grader und ebener Strecke hätte der Wagen ohne jede Schwierigkeit eine Geschwindigkeit von 40 km erreichen können. Im Mai 1881 schrieb Werner Siemens an Professor Wiedemann in Leipzig: „Die einzige Schwierigkeit war und ist noch die Geschwindigkeit der Wagen dem Reglement entsprechend zu mäßigen. Man wollte nur 20 km per Stunde gestatten und der Wagen lief bei voller Belastung von 20 Personen auch bergan noch mit 30—40 km! Ich denke aber, man wird sich an die größere Geschwindigkeit gewöhnen!“

Die für diesen Versuch aufgewendeten Kosten betragen: für Anlage der Strecke 65 000 Mark, für den Wagen 10 500 Mark, für den Stromerzeuger 4 500 Mark. Die Betriebskosten stellten sich auf 0,44 Mark je Wagenkilometer, sie wurden durch die Einnahmen gedeckt.

Die Probefahrt fand am 12. Mai 1881 statt. Werner Siemens dämpfte übertriebenen Optimismus mit dem folgenden abschließenden Urteil: „Es handelt sich um ein neugeborenes Kind, welches zwar ein derber Knabe ist, der aber selbstverständlich noch der Erziehung und Ausbildung bedarf.“ Am 15. Mai 1881 wurde die Bahn dem öffentlichen Verkehr übergeben.

Der Betriebsstrom wurde von einer Dynamomaschine erzeugt, die im Maschinenhaus des benachbarten Wasserkwerkes stand und von einer Kolbendampfmaschine durch Riemen angetrieben wurde. Diese Maschine erzeugte nach einem zeitgenössischen Bericht in der Zeitschrift „Daheim“ den Strom zum Betriebe der Bahn „durch Reibung“. Es war eine Hauptstrommaschine von 12... 15 PS, bei einer Drehzahl von 750... 800 U/min. Sie wurde bei jedesmaliger Abfahrt des Wagens in Betrieb gesetzt. Es erwies sich als notwendig, eine besondere Signalanlage zu errichten, mit deren Hilfe der Wagenführer den Maschinenwärter benachrichtigen konnte, wenn er die Absicht hatte, abzufahren. Es gab ja noch keine Kraftnetze im heutigen Sinne. Später wurde die Kolbendampfmaschine durch eine von Siemens & Halske selbst hergestellte rotierende Dampfmaschine, System Dolgorouki, ersetzt.

Der Strom gelangte durch ein Bleikabel in die Schienen, von denen die eine der Hin-, die andere der Rückleitung diente. Die Radkränze waren auf Holzscheiben montiert und dadurch von der Achse isoliert, sie standen aber in leitender Verbindung mit ebenfalls isoliert auf der Achse angebrachten Schleifringen. Auf diesen lagen Schleiffedern, die den Strom dem Motor zuführten.

Die Gleisanlage bestand aus Stahlschienen, die wie bei jeder Sekundärbahn auf Holzschwellen verlegt waren. Man hatte von vornherein von der Verwendung besonderer Isolationsmittel Abstand genommen. Natürlich gab es beträchtliche Stromverluste, die aber durch Rechnung und Versuche bekannt waren. Werner Siemens hatte mit seinem Bruder Friedrich, der Glashüttenbesitzer in Dresden war, über die Verwendung von Hartglasstühlen anstelle der Holzschwellen verhandelt, doch stellte sich heraus, daß diese nicht imstande waren, die mechanische Beanspruchung beim Verkeilen der Schienen sicher genug auszuhalten.

Die Schienenstöße waren mechanisch durch Winkelaschen verbunden; der sicheren Stromleitung dienten unter dem Schienenfuß angenietete, elastische Metallstreifen.

Die Stromzuführung durch beide Schienen hatte einen Übelstand zur Folge, von dem Werner Siemens berichtete, er bestünde darin, „daß die Pferde vier Beine haben und daher beim Passieren der Gleise oft gleichzeitig auf beide Schienen treten. Sie erhalten dann eine elektrische Erschütterung, die sie verdrießlich macht.“

Diese Verdrießlichkeit nahm oft stürmische Formen an. Wir lesen darüber in den Beschwerdebriefen, daß die Pferde „in die Knie stürzten“, „wie vom Blitz getroffen zur Erde geworfen wurden“, „im tollsten Galopp davon jagten“, oder überhaupt nicht mehr dazu zu bewegen waren, die Gleise zu überqueren, so daß die Fuhrhalter große Umwege machen mußten. Siemens & Halske antworteten auf die übrigens recht maßvoll gehaltenen Beschwerden: „Daß überhaupt unter besonders ungünstigen Umständen Ähnliches sich ereignen könne, lag nicht außerhalb unserer Voraussicht; der Grad der Wirkung des elektrischen Stromes auf Pferde ist allerdings eine überraschende Tatsache für uns.“ Später wurden an Wegübergängen die Schienen durch Hartgummiplatten isoliert und die elektrische Verbindung der so unterbrochenen Strecke durch unterirdische Bleikabel wieder hergestellt.

Der Wagen war einer der damals üblichen Pferdebahnenwagen. Er wog mit 26 Personen belastet 4800 kg, der Rad-Durchmesser betrug 0,75 m, der Radstand 1,8 m.

In einem Vortrag vor der Polytechnischen Gesellschaft stellte Vietmeyer fest, diese Bahn sei „der erste praktische Fall, in dem von einer Zentralstelle aus nutzbare Kraft meilenweit fortgeleitet werde“. Man war sich über das Wesen der elektrischen Kraftübertragung einigermaßen im klaren, wie aus dem folgenden Zitat hervorgeht: „Wenn der elektrische Waggon mit angemessener Geschwindigkeit auf den Schienen durch Pferde oder Dampfkraft fortbewegt würde, so würde die elektrische Maschine durch den von der elektrischen Waggonmaschine erzeugten Strom in Drehung versetzt werden und Arbeit leisten können.“

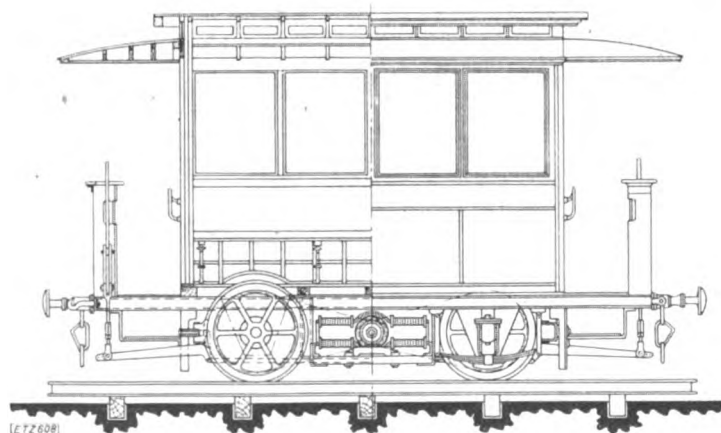


Bild 1. Der Wagen.

Der Motor war zwischen den Rädern unterhalb des Fußbodens eingebaut und äußerlich kaum bemerkbar. Wenn von ihm behauptet wird, daß er geräuschlos arbeitete, so ist das wohl eine leichte Übertreibung. Er wog 500 kg und leistete normal 5,5 PS.

Der mechanischen Kraftübertragung vom Motor auf die Räder dienten nicht Zahnräder oder Riemen, sondern stählerne Spiralschnüre. Von der Antriebs-scheibe des Motors gingen 13 dieser Schnüre von 5 mm Durchmesser nach beiden Seiten zu den Scheiben auf den Radachsen. Sie ruhten in 13 nebeneinanderliegenden prismatischen Nuten (Bild 1).

Die Scheibe auf der Motorwelle hatte 180, die Scheiben auf den Radachsen hatten 650 mm Durchmesser. Die Stahlschrauben wurden merkwürdigerweise aus Ungarn bezogen. Werner Siemens hielt große Stücke auf diese Antriebsart: „Es wird dadurch eine elastische Übertragung der Kraft, die bei jeder Geschwindigkeit sicher funktioniert, erzeugt, und die Achse der elektrischen Maschine ist ohne Druck auf die Lager. Sie (nämlich die Stahlschrauben) werden mit der Zeit die Riemen ganz verdrängen.“ 1889 wurden sie, wenigstens bei dem einen der beiden damals fahrenden Wagen durch eine Gliederkette ersetzt.

Der Wagenführer steuerte den Wagen durch Drehen einer Kurbel, die eine Vorrichtung ähnlich unseren heutigen Steuerwalzen betätigte. OBERINGENIEUR FRISCHEN berichtete darüber: „Ein plötzliches Ein- und Ausschalten des ganzen Stromes muß als schädlich vermieden werden, deshalb sind eine Anzahl Federn vorhanden, die auf einem drehbaren Metallzylinder schleifen können. Der Zylinder ist stufenartig ausgeschnitten, so daß nur Stufe für Stufe eine Feder nach der anderen mit dem Zylinder in Berührung kommt, wenn der Zylinder durch die Verstellung der Kurbel entsprechend gedreht wird.“ Die Federn standen mit verschiedenen großen Widerständen in Verbindung, die in Wasserbehältern hingen und die in ihnen entstehende Wärme an das Wasser abgaben, das dadurch bis zum Kochen erhitzt wurde. Historisch beachtenswert sind die folgenden Sätze aus einer damaligen Veröffentlichung von Siemens & Halske: „Es ist damit also eine elektrische Überführung der Wärme aus dem Feuer unter dem Dampfkessel des Maschinenhauses weit weg in die Wasserbehälter geschehen. Es ist nicht undenkbar, daß man einmal von solchem direkten elektrischen Wärmetransport eine praktische Anwendung wird machen lernen; hier kann man ihn zum Heizen des Wagens benutzen.“

Wollte man mit der kleinen elektrischen Lokomotive von der Berliner Gewerbeausstellung (1879) vorwärts und rückwärts fahren, so mußte der Lokomotivführer bei jedem maligem Richtungswechsel absteigen und durch Ziehen an einer Stange ein Kegelradgetriebe verstellen. In Lichterfelde wurde zum ersten Mal die Umsteuerung elektrisch durch Umschalten des Motors unter Anwendung eines zweiten Bürstenpaares erzielt.

Nach Beendigung der Pariser Elektrizitäts-Ausstellung von 1881 kam der dort von Siemens & Halske gezeigte elektrische Straßenbahnwagen nach Berlin zurück, und nun konnte versucht werden, ob man auch mit zwei Wagen gleichzeitig die Strecke befahren konnte. Am 5. Januar 1882 glückte der Versuch, und man glaubte nun gelernt zu haben, daß ein Betrieb, bei welchem die Nutzlast weniger zu großen Zügen zusammengestellt, als vielmehr in Form vieler einzeln laufender elektrischer Wagen bewegt werde, dem Wesen der

elektrischen Beförderung am besten entspräche.

Nach und nach brach sich die Überzeugung Bahn, daß die Stromführung in beiden Schienen auf die Dauer doch nicht das Richtige wäre, und daß der eine oder auch beide Pole in eine Oberleitung verlegt werden müßten. Als man



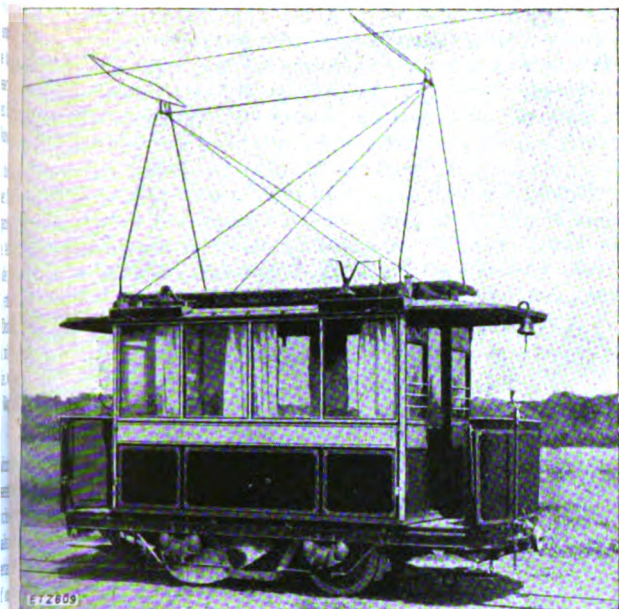


Bild 2. Ansicht des Wagens.

1889 die Bahnstrecke beträchtlich verlängerte, wurde daher eine Oberleitung gelegt. Sie bestand aus einem Leitungsdraht, „welcher über die Mitte des Gleises in geeigneter Weise an zu beiden Seiten des Fahrdammes stehenden Stangen aufgehängt war“. Eine Kontaktvorrichtung auf dem Dach des Wagens nahm den Strom „durch Schleifen von unten an dem Draht aus demselben auf“. Es ist wichtig zu betonen, daß Siemens & Halske also schon damals zur Stromzuführung den Schleifbügel verwendeten (Bild 2).

Bei Werner Siemens stand immer der Gedanke an Hochbahnen im Vordergrund. Am 29. April 1881 schrieb er sei-

nem Bruder William nach Genua: „Die Sache (die Lichtfelder Bahn) wird großes Aufsehen machen. Derselbe Wagen würde auf der Hochbahn direkt verwendbar sein. Ein Zweifel über den Erfolg der letzteren kann nicht mehr obwalten.“ William Siemens dachte bereits im Mai 1881 an die Elektrifizierung der Londoner Untergrundbahn, und Werner verhandelte über elektrische Grubenbahnen und über die elektrische Beförderung von Zügen durch den Gotthardtunnel mit Lokomotiven von 200 PS.

Zum Schluß sei erwähnt, daß auch der Obus, der (schienenlose) Oberleitungs-Omnibus, schon damals im Arbeitsprogramm von Siemens & Halske eine Rolle spielte. Im Januar 1881 bestellte Werner Siemens bei seinem englischen Bruder 50 eiserne Telegrafpfosten: „Es handelt sich um den elektrischen Betrieb von Straßenwagen (auf Chausseen laufend) mit Hilfe von Telegrafleitungen neben der Chaussee... Es wird eine Doppelleitung aus verzinkten Stahldrahtseilen unter starker Anspannung auf eisernen Pfosten montiert, auf denen ein Kontaktwagen läuft, der von dem Fuhrwerk nachgezogen wird... Mit den 50 Pfosten will ich eine Probestrecke auf einem Grundstück hinter meinem Garten in Charlottenburg bauen, um alles gehörig auszuprobieren.“ Ende Januar teilte er seinem Bruder Friedrich mit: „Unser Fabrikhof ist jetzt voll Versuchsleitungen für die Stromführung“, und Oberingenieur Frischen berichtete in der Polytechnischen Gesellschaft: „Ich bin heute zum ersten Mal mit dieser Einrichtung gefahren und bin eben erst aus dem ersten elektrischen Wagen ausgestiegen. Wir sind heute mit solcher Einrichtung auf unserem Fabrikhof herumgefahren, und es hat sich dabei nichts gezeigt, was Bedenken erregen könnte, die Sache ohne weiteres auf jeder Landstraße zur Durchführung zu bringen.“

Der erste Oberleitungs-Omnibus fuhr 1882 auf einer Landstraße in Halensee, aus der heute der Kurfürstendamm geworden ist.

## Über Unfälle durch elektrischen Strom

Von Oskar Schneider, Stuttgart

DK 614.82 : 621.3

**Übersicht.** Die wichtigsten Probleme der physiologischen Wirkung des elektrischen Stromes und der Wärmewirkung auf den menschlichen Körper werden für den Ingenieur der Praxis besprochen. Maßnahmen der ersten Hilfe nach elektrischen Unfällen werden erwähnt.

Die Unfälle durch elektrischen Strom sind für die Krankenhäuser Seltenheitsfälle im Vergleich zu Knochenbrüchen. Dies erklärt, daß die Meinungen der Ärzte noch nicht einheitlich und die Behandlungsmethoden nicht so ausgeprägt sind wie bei Knochenbrüchen. Trotzdem begegnen die elektrischen Unfälle einem großen allgemeinen Interesse. Dies kommt teilweise von der nicht ganz geklärten Wirkungsweise des elektrischen Stromes, der bei kaum sichtbaren äußeren Veränderungen ein gesundes Menschenleben in Sekundenschnelle auslöschen kann. Andererseits ist wohl zu beachten, daß der Prozentsatz der schweren Unfälle bei der Einwirkung von elektrischem Strom sehr viel größer ist als bei den mechanischen Verletzungen. Am meisten davon betroffen sind die Fachleute, weil sie an den elektrischen Anlagen arbeiten müssen, während der Laie bei der Bedienung durch Isolierstoffe und Abdeckungen von den spannungsführenden Teilen geschützt ist. Gewöhnung und Umgang mit der Gefahr ergeben beim Fachmann manchmal eine Unterätzung oder ein Übersehen der Gefahr, so daß aus vorübergehender Unbedachtsamkeit ein Unfall entstehen kann.

Die zerstörenden Wirkungen durch die Wärmeentwicklung großer Ströme oder durch die hohe Temperatur von Lichtbögen infolge Kurzschluß oder Erdschluß sind einrückvoll, sie sind für den Techniker auf Grund der Kenntnisse über die Elektrowärme und die Überhitzung der Gewebe begreiflich und in ihren Zusammenhängen manchmal klarer als dem Mediziner. Beim elektrischen Unfall sind

überhaupt die physikalischen Werte sehr zu beachten, ihre möglichst genaue Ermittlung wird die Klärung der Zusammenhänge sehr erleichtern.

Sehen wir zunächst ab von der reinen Wärmewirkung der Lichtbögen, so gilt der Grundsatz, daß ein Unfall durch elektrischen Strom nur eintreten wird, wenn der menschliche Körper ganz oder teilweise vom elektrischen Strom durchflossen wird. Der Mensch oder ein Teil seines Körpers muß dazu in einem geschlossenen Stromkreis liegen. Die Wirkung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Körperteile ist sehr verschieden. Als Übergangsstellen kommen in der Regel Teile der Haut in Frage. Hier beginnt schon die erste Unklarheit und eine Quelle des Mißverständnisses. Die Haut hat den größten Widerstand und sie ist elektrisch sehr uneinheitlich. Widerstand und Kapazität der Haut wurden von Physiologen eingehend erforscht, dabei wurde mit kleinsten Strömen und Spannungen gearbeitet. Die ermittelten Erkenntnisse sind wertvoll für die Erklärung mancher Erscheinungen, sie haben aber für die Starkstromtechnik, aus der die Unfälle durch elektrischen Strom hauptsächlich stammen, keine praktische Bedeutung. Insbesondere durch die Messungen von Freiberg [1] ist festgestellt worden, daß die Haut durch die üblichen Verteilungsspannungen sehr rasch durchbrochen wird. Diesen Durchbruch der Haut erkennen wir an den sogenannten Strommarken, die Zerstörungen der Haut durch Wärmewirkungen sind. Im Gegensatz zu den Verbrennungen an heißen Gegenständen dringt die Stromwärme nicht nur von außen in die Haut ein, sondern entsteht auch in tieferen Schichten, in denen Strom fließt, in der Größenordnung  $1^2 R t$ . Bei der Mehrzahl der elektrischen Unfälle haben wir es



mit kleinen Berührungsflächen und kurzfristiger Berührung zu tun, in der Haut als dem größten Widerstand tritt eine konzentrierte Wärmewirkung auf. Diese führt zu blasigen Erscheinungen, Verkochungen und Verkohlungen der Haut. Es ist einleuchtend, daß eine trockene Haut einen größeren Widerstand hat als eine feuchte und daß eine schwielige, harte Haut einen größeren Widerstand hat als eine dünne, feine. Auch individuelle Unterschiede sind vorhanden. Es ist Aufgabe des Ingenieurs, bei jedem Unfall durch elektrischen Strom die physikalischen Größen möglichst genau zu ermitteln. Hierzu gehören vor allem Spannung, Strom, beteiligte Widerstände. Die Verschiedenheit der Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen bei scheinbar gleichartigen Vorgängen ist in höherem Maße physikalisch bedingt als in vielen Kreisen angenommen wird.

Aus Unfallererfahrung und Tierversuchen ist heute als nachgewiesen zu betrachten, daß der Soforttod bei elektrischen Unfällen ein Herztod ist. Die lange Zeit verbreitete Lehre von der Lähmung des Atemzentrums durch den elektrischen Strom ist überholt und für die Mehrzahl der Todesfälle durch elektrischen Strom nicht zutreffend. Da der elektrische Strom Reizwirkungen auf Nerven und Muskeln ausübt, und Muskeln durch die Stromwirkung längere Zeit krampfartig festgehalten werden können, bestehen theoretisch mancherlei Möglichkeiten für die Stillsetzung der Lebensvorgänge durch elektrischen Strom. Bedeutungsvoll für die Erklärung des Soforttodes durch elektrischen Strom ist die Erkenntnis von seiner Beeinflussung der Herztätigkeit. Diese Beeinflussung ist wohl von Zeit und Stromstärke abhängig, jedoch haben sich für die praktische Anwendung insbesondere nach den Versuchen von Koeppe [2] folgende Stromstärkestufen für kurz dauernde elektrische Ströme durch den ganzen Körper, bei denen das Herz im Stromweg liegt, herausgebildet. Stromstärken unter 25 mA verursachen keine Rhythmusstörung, Stromstärken von 25 ... 100 mA verursachen Herzstillstand während der Stromeinwirkung, der 25 ... 30 s ohne Schaden ertragen werden kann. Nach mehr als 30 s wird der Tod als Folge des Herzstillstandes eintreten.

Stromstärken über 100 mA bis etwa 2,5 oder 4 A verursachen Herzkammerflimmern. Dieses muß als die häufigste Ursache des Soforttodes nach Stromeinwirkung angesehen werden. Es gilt im allgemeinen als nicht rückbildbar. Gegenmittel, wie Einspritzungen von besonderen Medikamenten in das Herz, wiederholte Elektrisierung besonderer Art, sind erste Versuche, die wohl beachtlich für die Forschung, aber nicht für die allgemeine Anwendung sind. Die oben erwähnten Stromstärkebereiche sind geeignet, manchen Unfallhergang zu erklären. Die Größe der wirkenden Stromstärken wird bei Unfällen nur in seltenen Fällen bekannt, man muß sich im allgemeinen mit Schlußfolgerungen aus den Umständen und Erscheinungen auf die Größenordnung der Stromstärken begnügen. Dabei ist zu beachten, daß längere Einwirkung von gewissen Stromstärken gefährlicher ist als kurze Einwirkung.

Nach einem Unfall durch elektrischen Strom, bei dem der betroffene Mensch mit Atemstillstand, leblos oder scheinbar leblos angetroffen wird, kann weder der sofort anwesende Laie noch der sofort gerufene, etwas später eintreffende praktische Arzt feststellen, ob Herzkammerflimmern vorliegt oder nicht. Die Vorschrift der Berufsgenossenschaft hält daher bei diesen Fällen an den sofort einzuleitenden Wiederbelebungsversuchen mit künstlicher Atmung nach Silvester (mit Armbewegungen) fest. Wiederbelebungsgeräte mit Sauerstoff sind nicht notwendig, sie können später gebracht werden, wenn kein Zeitverlust und keine Unterbrechung der begonnenen Wiederbelebung damit verbunden sind. Näheres enthält der in allen Betrieben vorgeschriebene berufsgenossenschaftliche Aushang über die erste Hilfe. Diese Wiederbelebungsversuche können mit einer rhythmischen Massage des Körpers in der Herzgegend verbunden werden (Herzmassage).

Die neuen, z. T. ausländischen, Vermutungen und vorgeschlagenen Verfahren über die erste Hilfe werden wohl

auch in Deutschland beachtet, doch konnte sich der aus fachkundigen Ärzten und Ingenieuren zusammengesetzte Ausschuß nach mehrmaliger erster Prüfung nicht entschließen, die verschiedenartigen Vorschläge mit der Anwendung von Spritzen in die Praxis der ersten Hilfe einzuführen. Leider kommt auch der Arzt für die Anwendung dieser Mittel, die zur Zeit noch problematisch sind, in der Regel zu spät. Es muß dem Arzt überlassen bleiben, was er aus ärztlicher Kunst zusätzlich zu den Wiederbelebungsversuchen anwenden kann. Die Wiederbelebungsversuche dürfen nicht vorzeitig abgebrochen oder durch Transport, z. B. ins Krankenhaus, unterbrochen werden.

Kleine Elektrisierungen, die nach dem Unfall Herzstörungen oder ähnliche Erscheinungen verursachen, haben eine sehr gute Heilungstendenz, so daß Spätfolgen in der Regel nicht zu erwarten sind. Elektrisierungen, welche nicht sofort schädliche Folgen hatten, werden diese auch später nicht nach sich ziehen. Man soll sich derartigen Elektrisierungen nicht aussetzen, da man bei den Verteilungsspannungen der Ortsnetze vorher nie weiß, ob eine Elektrisierung harmlos verlaufen wird oder nicht. Man kann den Widerstand des Menschen für den technischen Starkstrom mit rund 1000  $\Omega$  annehmen. Wenn außer dem Menschen keine wesentlichen anderen Widerstände im Stromkreis vorhanden sind, so kann man in den Verteilungsnetzen mit 220 V Betriebsspannung mit etwa 200 mA Stromstärke im Körper rechnen. Dieser Strom kann in jedem Fall tödlich wirken.

Sowohl für die Erklärung der Wirkung des elektrischen Stromes auf den Menschen als auch für die Auswahl der richtigen Methode zur Wiederbelebung sind unsere Erkenntnisse noch erweiterungsbedürftig. Weitere Forschungen sind notwendig und diese werden von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik z. Z. an zwei Stellen unterstützt.

Die schweren Verbrennungen, welche von großen elektrischen Strömen und von Lichtbögen herrühren, markieren sich zunächst auf der Körperoberfläche. Die Unfälle mit schweren Verbrennungen, bei denen die unmittelbare Herzbeeinflussung anscheinend in den Hintergrund tritt, ereignen sich vor allem in Hochspannungsanlagen und an Fahrleitungsanlagen im elektrischen Bahnbetrieb. Grundsätzlich sind sie auch in Niederspannungsanlagen möglich, namentlich bei Kurzschlüssen in Hauptverteilungsanlagen. Zahlenmäßig überwiegen diese Fälle jedoch in elektrischen Anlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber. Die Ausdehnung der Verbrennungen wird oberflächlich meist durch brennende Kleider vergrößert. Soweit der Körper von großen Strömen durchflossen wird, kommen auch innere Erhaltungszustände von Muskeln und Organen zustande, die äußerlich nicht sichtbar sind. Gelenke sind im allgemeinen Stellen geringen Muskelquerschnitts. Der Widerstand der Gelenke ist größer als in den benachbarten Muskeln. Die Wärmeentwicklung ist daher in den Gelenken größer und auf kleinere Querschnitte verteilt. Entsprechend werden auch größere Wärmeschäden in der Nähe der Gelenke auftreten. Verbrennungen durch elektrischen Strom sind deshalb häufig schwerer als sie sich im äußeren Bild darstellen. Die Behandlung schwerer Verbrennungen ist ärztlich noch ein Problem. Zur Zeit werden verschiedene Methoden angewandt, die unter der Verantwortung der Ärzte dem Heilverfahren unterliegen. Ein in der Schweiz empfohlenes Verfahren, einem durch elektrischen Strom Verunglückten nach dem Unfall möglichst viel Flüssigkeit, möglichst alkalische Wässer oder Trinkwasser mit Zusatz von Natriumbikarbonat zu verabreichen, ist auch in der Schweiz umstritten. Nach sorgfältiger Prüfung haben die deutschen Berufsgenossenschaften davon abgesehen, dieses Verfahren in die erste Hilfe durch Laien einzuführen. Bis zur weiteren Klärung bleibt diese Methode dem Heilverfahren unter ärztlicher Leitung überlassen. In der ersten Hilfe durch den Laien sollen sichtbare Brandwunden möglichst wenig beeinflusst werden. Die Bedeckung mit keimfreiem Verbandstoff oder Wismuthbrandbinde ist zulässig. Salben und Öl in der ersten Hilfe sind nicht vorgesehen, weil sie das Heilverfahren ungünstig beeinflussen können.

Wenn man sieht, daß bei einer Stromstärke von 80 bis 100 mA schon unmittelbare Lebensgefahr durch den elektrischen Strom besteht, so kann man die kleineren Ströme doch nicht ohne weiteres vernachlässigen. Nach Versuchen in der Schweiz [3] mit 50periodigem Wechselstrom kann man umfaßte Elektroden bei 15 mA Stromstärke nicht mehr loslassen. Nach den gleichen Versuchen sind 0,9 mA gerade spürbar. Nach neuen amerikanischen Versuchen [4] mit 60 periodigem Wechselstrom sind 0,4 mA gerade spürbar. Es ist nicht abzusehen, daß durch einen plötzlichen elektrischen Reiz unerwünschte Bewegungen ausgelöst werden, die beim Arbeiten in der Nähe bewegter Maschinenteile oder auf einem erhöhten Standort zu einem Unfall oder einem Absturz führen können. Bei strengem Maßstab wird man eine bedingte Gefahr schon bei 15 mA Stromstärke im Körper annehmen müssen, während bei 80 mA eine unbedingte Gefahr beginnt.

Durch Zusammenarbeit zwischen Praxis und Forschung, zwischen Ingenieur und Arzt, gilt es auch auf dem Gebiet der Unfälle durch elektrischen Strom mit den Neuerungen auf dem Laufenden zu bleiben. Bewährte Maßnahmen sollen jedoch erst verlassen werden, wenn auch die Neuerungen erprobt sind.

**Zusammenfassung**

Nach dem heutigen Stand der Erkenntnis ist der Soforttod nach der Einwirkung von elektrischem Strom ein Herztod. Bei der überwiegenden Anzahl der Todesfälle durch elektrischen Strom wird Herzkammerflimmern auf Grund der Stromeinwirkung anzunehmen sein. Die Wirkung verschiedener Stromstärkegruppen auf Grund von Tierversuchen wird erwähnt. Große Ströme wirken hauptsächlich durch ihre Hitzeeinwirkung, die im Körper als Elektrowärme, am Körper als Lichtbogenwärme auftritt. Neue Vorschläge zur ersten Hilfe bei Atemstillstand und bei Verbrennungen werden kritisch betrachtet. Weitere Klärungen durch Zusammenarbeit von Ingenieur und Arzt sind notwendig.

**Schrifttum**

[1] H. Freiburger: Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Julius Springer, Berlin 1934.  
 [2] S. Koepfen: Der elektrische Tod. ETZ 55 (1934) S. 835. S. Koepfen: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Elektrizitätswirkung von Einwirkungsdauer u. Stromstärke von 1...100 mA., Naunyn-Schmiedebergs Arch. exp. Path. u. Pharm. 178 (1935) S. 654.  
 [3] Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge beim Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 20 (1929) S. 428.  
 [4] C. F. Dalziel u. T. H. Mansfield: Perception of Electric Currents. Electr. Engng. 69 (1950) S. 794.

**Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“**

Von Lothar Maurer, Nürnberg

KD 621.315.615.2

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) sowie der Fachausschuß für Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM), dem die Normung auf dem Gebiet der Mineralöle und flüssigen Brennstoffe obliegt, haben im Jahre 1950 einen gemeinsamen Ausschuß „Isolieröle“ ins Leben gerufen mit der Aufgabe, die veralteten Vorschriften VDE 0370/936 dem Stand der Technik anzupassen.

Der von diesem Ausschuß ausgearbeitete Entwurf VDE 0370/... 521 weicht von der seitherigen Fassung im wesentlichen ab: im Geltungsbereich, in der Festlegung eines allgemein gültigen Prüfverfahrens zur Bestimmung der Alterungsneigung und in den Bestimmungen über das Isoliervermögen.

Der Geltungsbereich des Entwurfes erstreckt sich nur auf reine Erdölprodukte zur Verwendung in Transformatoren, Wandlern und Schaltgeräten. Öle, die mit Zusatzstoffen, z. B. Alterungsinhibitoren versetzt sind, fallen nicht unter die Vorschriften, da hierfür u. U. andere Prüfverfahren angewendet werden müssen.

Öle für Kondensatoren und Hohlkabel werden zunächst in die Vorschrift nicht einbezogen. Die Beurteilung der Alterungsneigung unterlag bis jetzt freier Vereinbarung, wobei in der bisherigen Vorschrift die anzuwendende Alterungsmethode für die Bestimmung der Verteerungszahl beschrieben wurde. Diese Prüfung nimmt keine Rücksicht auf die betriebsmäßige Einwirkung von Metallen auf Isolieröle. Im Betrieb dagegen haben sich Isolieröle bewährt, die aufgrund der Alterungsprüfung nach Baader<sup>1</sup> ausgewählt wurden. An verschiedenen deutschen Stellen systematisch durchgeführte Forschungsarbeiten bestätigen, daß bei der Baaderprüfung die Veränderungen im strukturellen Aufbau in Gegenwart von Kupfer mit den natürlichen Alterungsvorgängen weitgehend übereinstimmen. Daher ist eine große Zahl der namhaftesten Ölverbraucher in der deutschen Industrie und Elektrizitätsversorgung bereits seit längerer Zeit dazu übergegangen, das Verfahren nach Baader anzuwenden. Der Ausschuß „Isolieröle“ hat deswegen die Baaderprüfung in die Vorschrift aufgenommen.

Als Alterungsbeschleuniger ist Kupfer vorgesehen, das an den in elektrischen Geräten verwendeten Metallen am stärksten katalytisch auf Öl einwirkt.

Das Verhalten eines Isolieröles beim elektrischen Durchschlag erforderte ein Prüfverfahren, das reproduzierbare Durchschlagswerte liefert, um Anhaltspunkte über Änderungen des Isoliervermögens des Öles zu geben. Wie vielseitige Erfahrungen übereinstimmend beweisen, boten die bisherigen Bestimmungen über die Durchschlagfestigkeit keine

Gewähr für Reproduzierbarkeit, da sie viele Durchführungsmöglichkeiten, besonders hinsichtlich der Wahl des Elektrodenabstandes zuließen. Hierdurch ergaben sich vornehmlich bei der Überwachung von Öltransformatoren zahlreiche Unstimmigkeiten.

Der Ausschuß „Isolieröle“ hat daher beschlossen, als Maß für das Isoliervermögen eines Öles nicht die Durchschlagfestigkeit, sondern die Durchschlagspannung bei gleichbleibendem Elektrodenabstand von 2,5 mm festzulegen. Dieser Beschluß stütze sich auch auf Ergebnisse von Versuchen, die Prof. Schering im Hochspannungsinstitut der Technischen Hochschule Hannover über den Einfluß von Elektrodenabstand, Elektrodenform und Spannungssteigerung auf die Oldurchschlagfestigkeit durchführen ließ. Damit ist eine Angleichung an die Vorschriften vieler Länder gefunden worden. Die Form der bisherigen VDE-Elektrode wurde zunächst bis zu einer späteren internationalen Regelung beibehalten.

Die neuen Vorschriften enthalten ferner genaue Richtlinien für die Ölprobeentnahme sowie für die Vorbehandlung von Prüf- und Zwischengefäßen, um Fehler weitgehend auszuschließen. Als Mindestwert der Durchschlagfestigkeit eines Gebrauchsöles waren bisher 80 kV/cm, also 20 kV bei 2,5 mm Elektrodenabstand, vorgeschrieben. Dieser Wert war seinerzeit in erster Linie mit Rücksicht auf Ölshalter festgelegt worden, bei denen das Isoliervermögen des Öles nicht die Bedeutung hat wie bei Transformatoren und Wandlern für hohe Spannungen. In Verbraucherkreisen entstand dadurch die irrtümliche Ansicht, daß die Betriebssicherheit selbst eines Transformators für Höchstspannungen nicht nur im Betrieb, sondern auch bei der vorgeschriebenen Isolationsprüfung bei der Abnahme gewährleistet ist, wenn die Durchschlagfestigkeit von 80 kV/cm nicht unterschritten wird.

Die hohen Anforderungen, insbesondere an Raumausnutzung, wie sie bei neuzeitlichen Transformatoren und Wandlern, z. B. den bekannten Wander- und Fahrzeugtransformatoren, gestellt sind, können nur bei gesteigertem Isoliervermögen des Öles erfüllt werden. Eine Anfangsdurchschlagspannung des Öles von über 50 kV bei 2,5 mm Elektrodenabstand kann heute ohne Schwierigkeiten erreicht werden. Durch zweckentsprechende Ausbildung von Öldehnungsgefäßen, Trocknungsvorlagen und andere Maßnahmen und durch einwandfreie Ölpflege ist ein hohes Isoliervermögen des Öles auch im Betrieb aufrechtzuerhalten.

Die neuen Vorschriften für das Isoliervermögen von Gebrauchsölen sind der Art der Geräte sowie der Höhe der Betriebsspannung angepaßt. Damit ist der Entwicklung der Hochspannungstechnik in den letzten Jahrzehnten Rechnung getragen worden, ohne die Ölpflege im Betrieb übermäßig zu erschweren.

<sup>1</sup> Der Entwurf kann von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt/M., Schafhausenplatz 6, bezogen werden (siehe Bekanntmachung in der ETZ 72/1951 H. 11, S. 367).

<sup>2</sup> Literaturstelle: Ölbuch 1950 S. 81. Verlag der Elektrizitätswirtschaft, Stuttgart.

# Zentrale Wählerfernsteuerung nach dem Impulsintervallverfahren

Von F. Nolte, Frankfurt a. M.

DK 621.398:621.316.3

**Übersicht.** Es wird ein einfaches und wirtschaftliches Fernsteuerungsverfahren beschrieben, das entweder mit einem Steuerdraht oder mit Tonfrequenzüberlagerung arbeitet und der zentralen Fernsteuerung von Verbrauchergruppen (z. B. der Straßenbeleuchtung und der Heißwasserspeicher) und von Tarifapparaten (z. B. Doppeltarifzählern) dient<sup>1</sup>.

## A. Zweck der zentralen Wählerfernsteuerung

Die nachfolgende Abhandlung befaßt sich mit der Fernsteuerung elektrischer Verbrauchergruppen und Tarifapparate. Die zentrale Fernsteuerung übernimmt alle bisher von Schaltuhren durchgeführten Aufgaben, sie ist aber an kein starres Zeitprogramm gebunden, gestattet vielmehr das Zu- und Abschalten von Verbrauchergruppen und Tarifapparaten je nach der augenblicklich zur Verfügung stehenden Leistung. Gleichzeitig entfallen alle den Uhren anhaftenden Nachteile, vor allem das Nachstellen und die bekanntlich erheblichen Überholungsarbeiten.

Im einzelnen lassen sich folgende Aufgaben durchführen:

### I. Fernsteuerung bestimmter Verbrauchergruppen

a) **Verbraucher von Überschuß-Energie.** — Bestimmte Verbrauchergruppen können durch die Fernsteuerung jeweils dann eingeschaltet werden, wenn genügend Energie zur Verfügung steht, z. B. tagsüber zu Zeiten schwacher Belastung, nachts oder sonntags. Dies können sein: Heißwasserspeicher, Futterdämpfer, Berieselungsanlagen, Industrieöfen und ähnl. industrielle Verbrauchergruppen, Pumpsanlagen, Elektrokessel (d. h. Dampferzeuger), Treibboot-Heizungen.

b) **Sonstige Verbrauchergruppen.** — Je nach den Verhältnissen können noch folgende Verbraucher ferngesteuert werden: Kondensatoren zur Leistungsfaktorverbesserung, öffentliche oder private Uhrenanlagen, Beleuchtungsanlagen (Straßenbeleuchtung, Treppenhausbeleuchtung, Schaufensterbeleuchtung, Lichtreklame, Verkehrssignale).

und dem Befehlsimpuls unterschieden. Die Steuerimpulse können entweder über einen etwa vorhandenen Schaldraht oder mit Tonfrequenz über das Leitungsnetz übertragen werden. Da das Verfahren ohne Steuerdraht das umfassendere ist, wird nachstehend nur hierauf näher eingegangen.

## B. Fernsteuerung mit Tonfrequenz

### I. Wirkungsweise

Die Tonfrequenz wird hierbei in einem Maschinensatz, der aus einem Tonfrequenzgenerator *G*, einem Asynchronmotor *M* und einem Frequenzumformer *F* besteht, erzeugt und über ein Schaltschütz *S*, einen Isoliertransformator *T* und ein Kopplungsfilter *K* dem Hochspannungsnetz aufgedrückt (Bild 1). Die Impulse durchlaufen das gesamte Netz hoch- und niederspannungsseitig. Netzteile, die nicht mit Tonfrequenz überlagert werden sollen, müssen evtl. durch Sperrfilter *Sp* gegen die Tonfrequenz abgeriegelt werden. Die Empfänger enthalten ein Resonanzrelais, das aus einer Induktivität *ER* besteht, auf die die Steuerfrequenz mit dem Kondensator *C* abgestimmt ist und anspricht, sobald die Tonfrequenz-Impulse eintreffen. Sowohl Sender als auch Empfänger sind mit einem Wähler mit Synchronmotorantrieb ausgerüstet.

Mit dem Startimpuls werden der Synchronmotor des Sendewählers (*SW*) und zugleich über den Kontakt „0“ und den Wählerarm das Impulsschütz *S* an Spannung gelegt und der Kontakt *s* geschlossen.

Der Tonfrequenzgenerator *G* wird dadurch kurzzeitig (rd. 0,3 s lang), solange der Kontaktarm den Kontakt 0 berührt, über den Isoliertransformator *T* und das Kupplungsfilter *K* mit dem Hochspannungsnetz verbunden und drückt dem gesamten Netz den Tonfrequenz-Startimpuls auf. Der Tonfrequenzstrom ist dem Netzstrom überlagert und gelangt über sämtliche, evtl. mehrere Transformatoren hinweg bis zum entferntesten Abnehmer.

Empfangsseitig wird über den Resonanzkreis *C-ER*, der auf die Sendefrequenz abgestimmt ist, in allen Empfängerrelais der Kontakt „er“ betätigt. Die Synchronmotoren der Empfänger werden damit praktisch gleichzeitig mit dem des Sendewählers zum Anlaufen gebracht. Gleichzeitig werden sende- und empfangsseitig die Schalter *sw* bzw. *ew* umgeschaltet und legen die Synchronmotoren direkt an das 50 Hz-Netz. Die von den Motoren angetriebenen Wähler tasten dann der Reihe nach sämtliche Kontakte 1 ... 50 ab. Ist sendeseitig einer der Befehlsschalter *b* geschlossen, so erhält der Impulsschütz in dem Augenblick, in dem der Wählerarm den geschlossenen Kontakt überstreicht, während rd. 0,25 s erneut Spannung. Es schließt dabei seinen Kontakt *s*, und nochmals wird ein tonfrequenter Impuls auf das Netz übertragen. Dieser zweite „Impuls“ ist der Befehlsimpuls, der die Schalthandlung ausführt und der empfangsseitig dasjenige Kipprelais *K* (Ein- oder Ausschaltspule) kurzzeitig an Spannung legt, das dem geschlossenen Befehlsschalter entspricht und durch den der Schalter *k* betätigt wird.

Je nachdem, ob das Relais einen Boiler einschalten oder irgend eine andere Schalthandlung ausführen soll, wird es mit einem ein- bis dreipoligen Kontakt für 10 oder 15 A ausgerüstet. Die im Schema gezeichneten Befehlsschalter *b* sind in Wirklichkeit Kontakte von Kipprelais, die so geschaltet sind, daß beim Betätigen eines Kommando-Schwenkschalters zunächst die Tonfrequenz-Umformergruppe anläuft. Erst nachdem der Maschinensatz hochgelaufen ist, wird der Kontakt *AD* kurzzeitig geschlossen.

Damit der jeweilige Schaltzustand gut überblickt werden kann, ist jedem Kommandoschalter eine rote oder grüne Signallampe zugeordnet. Diese Lampen blinken, sobald ein Befehl erteilt wird und kennzeichnen eingeschaltet den jeweiligen Schaltzustand, sobald der Befehl ausgeführt ist.

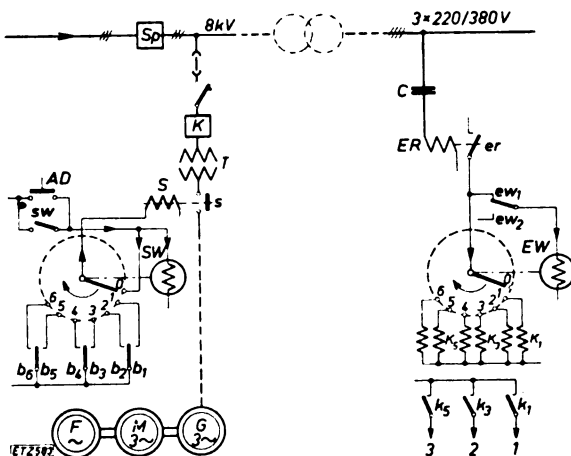


Bild 1. Prinzipschema der L & G-Tonfrequenz-Fernsteuerung mit Parallelüberlagerung und Einspeisung ins Hochspannungsnetz 8 kV.

## II. Fernsteuerung von Tarifapparaten

### Mehrfachtarifzähler (Doppel- und Dreifach-Tarifzähler)

Schließlich besteht noch die Möglichkeit, die Fernsteuerung zur Durchgabe bestimmter Signale (z. B. für Polizei- oder Feuerwehrzwecke oder Entstör- und Bautrupps bzw. sonstige Arbeitsgruppen) zu verwenden.

Von allen inzwischen praktisch erprobten Fernsteueranlagen (es dürften zur Zeit etwa 200 derartige Anlagen im Betrieb oder Bau sein) hat sich das Impulsintervallverfahren durchgesetzt. Die einzelnen Befehle werden hierbei durch verschieden lange Zeitintervalle zwischen dem Startimpuls

<sup>1</sup> s. a. ETZ 71 (1950) S. 589.

Sender vorhandene Relais quittieren dabei, daß die Sendung auch eindeutig hinausgegangen ist. Falls an der Sendeautomatik oder in der Umformergruppe irgendeine Störung auftritt, wird eine Störlampe eingeschaltet und ein akustisches Signal ertönt.

II. Wahl der Steuerfrequenz

In Tonfrequenzsteueranlagen ist die Wahl der Steuerfrequenz von größter Bedeutung. Dabei sind die Übertragungseigenschaften der Leitung, die Einflüsse von Kapazitäten, das Oberwellenproblem, ferner Geräusche und der Aufwand für die Sendemittel zu berücksichtigen.

a) Einfluß der Transformatoren und der Leitungen (des Spannungsabfalls). — Es gilt die allgemeine Regel, daß ein Netz einen Wechselstrom umso besser überträgt, je näher dessen Frequenz neben der Betriebsfrequenz liegt; denn nach ihr wurde die Netzanlage projektiert. Diejenige Frequenz wird sich als die günstigste herausstellen, die kleinste Spannungsabfälle, also größte Reichweite ergibt und sich andererseits in den Kopplungs- und Sperrorganen, sowie in den Empfängern noch ohne größeren Aufwand von der Netzfrequenz trennen läßt. Da die Reaktanzen mit der Frequenz zunehmen, wachsen auch die induktiven Spannungsabfälle entsprechend. Hohe Steuerfrequenzen bedingen große Spannungsschwankungen an den Empfängern. Je größer die Spannungsschwankungen werden, umso labiler wird der Fernsteuerbetrieb, d. h. der Fernsteuerbetrieb ist stark abhängig von der jeweiligen Belastung und damit auch von etwaigen späteren Netzveränderungen. Je kleiner die Steuerfrequenz gewählt wird, umso günstiger gestalten sich die Übertragungsverhältnisse.

b) Einfluß von Kondensatoren. — Ein ausgesprochenen Nachteil von Frequenzen über z. B. 1000 Hz liegt außerdem in dem Umstand, daß die Sendeleistung, die bei allen Tonfrequenz-Steueranlagen hauptsächlich von den Energieverbrauchern und nicht etwa von den Empfangsgeräten absorbiert wird, bei höheren Frequenzen in einem viel stärkeren Maße durch die im Netz vorhandenen Kapazitäten verbraucht wird als bei niedrigeren Frequenzen. Dies gilt sowohl für Kabel und für die zur Verbesserung des Leistungsfaktors üblichen Kondensatoren, als auch für die Kondensatoren, die neuerdings in größeren Stückzahlen in den Fluoreszenzlampen verwendet werden. Der Einfluß der Kapazität wächst proportional mit der Kabellänge und dem Quadrat der Spannung. Die Reichweite von Tonfrequenzanlagen mit höheren Frequenzen ist demzufolge geringer als diejenige von Sendeanlagen niedriger Frequenz. Daran muß man bei der Wahl der Steuerfrequenz denken, denn eine spätere Herabsetzung ist praktisch unmöglich.

c) Einfluß von Oberwellen. — Weiterhin muß bei der Wahl der Sendefrequenz auf die in jedem Netz vorhandenen höheren Harmonischen des 50 Hz-Netzes Rücksicht genommen werden, da die Empfänger evtl. durch Oberwellen ansprechen können (Bild 2). Messungen in einer größeren Anzahl von Netzen haben gezeigt, daß vor allem die 5., 7., 11. und 13. Harmonische mit größeren Werten vorkommen.

Aus dem Charakter des Oberwellenspektrums zeichnen sich zwei grundsätzlich verschiedene Wege ab, um Ober-

wellenbeeinflussungen auf die Empfangsgeräte zu vermeiden. Entweder wählt man das Gebiet der hohen Frequenzen, in dem die Oberwellen im allgemeinen relativ schwach sind, oder man wählt niedrige Frequenzen und benutzt möglichst breite Lücken im Frequenzspektrum.

Der erste Weg setzt voraus, daß die niedrigen Spannungswerte der Oberwellen in den höheren Frequenzlagen sich in der Zukunft nicht vergrößern. Gerade dies wird jedoch durch konkrete Beobachtung in Frage gestellt. Außerdem treten die Oberwellen bekanntlich zeitlich und örtlich außerordentlich verschieden stark in Erscheinung.

Wählt man aber den anderen Weg und legt die Steuerfrequenz in eine natürliche Lücke des Oberwellenspektrums, so ist man vor Überraschungen sicher. Da außerdem die prozentualen Abstände von 2 benachbarten Oberwellen gegenüber der Frequenz der Lückenmitte mit steigender Ordnungszahl abnehmen, ergibt sich die Tatsache, daß die am tiefsten liegenden Frequenzen die größte Gewähr dafür bieten, daß selbst bei stark abweichender Netzfrequenz keine Schwierigkeiten zu befürchten sind. Der prozentuale Abstand zu den benachbarten Oberwellen beträgt z. B. bei 475 Hz gegen 350 Hz (7.) 26,3% und gegen 550 Hz (11.) 16%.

d) Einfluß von Geräuschen. — Auch hinsichtlich störender Geräusche in Telephon- und Radioanlagen verhalten sich niedrige Frequenzen günstiger als höhere. Nach der Fachliteratur ist z. B. bei 2200 Hz eine mindestens 4mal geringere Oberwellenstärke zulässig als bei 500 Hz, wenn die Störschwelle von Telephonanlagen nicht überschritten werden soll.

Zusammenfassend weisen die technischen Bedingungen eindeutig in die Richtung der tiefen Frequenz. Das beschriebene Impuls-Intervallverfahren arbeitet deshalb auch entweder mit der Frequenz 475 oder 725 Hz und nimmt den etwas größeren Aufwand für die Senderleistungen von 1,5 ... 2% der Netzleistung bewußt in Kauf. Dadurch ist es möglich, die Impulse ohne jegliche Verstärkung bis zum entferntesten Empfangsrelais durchzugeben und die Empfangsrelais ohne Verstärker einfach und robust zu bauen.

III. Wahl der Empfangsspannung (Einfluß von Störspannungen)

Damit Fremdspannungen die Empfangsrelais nicht beeinflussen können, dürfen auch deren Empfangsspannungen nicht allzu klein sein. Sie betragen bei den weiter unten beschriebenen Empfängern im Minimum 2% der Netzspannung, d. h. 4,4 V bei 220 V, und die Praxis hat bewiesen, daß Stoßwellen durch Schaltvorgänge oder atmosphärische Entladungen die Empfänger nicht zum Ansprechen bringen. Die natürliche Anlaufverzögerung des Wählerantriebs ist dabei gleichfalls von Einfluß. Ein unbeabsichtigter Wählerumlauf hätte außerdem gar keine Folgen, da sich der Wähler nach Beendigung eines Umlaufs automatisch einfach stillsetzt, ohne daß ein Kipprelais betätigt worden wäre.

Aber auch Störungen durch fremde Spannungsquellen (Störsender) sind praktisch nicht möglich, da die Leistung der Störquelle wie die Steuerleistung größtenteils von den Verbrauchsapparaten absorbiert wird und die zum Stören erforderliche Minimalleistung mit dem Quadrat der Ansprechspannung der Empfangsgeräte steigt.

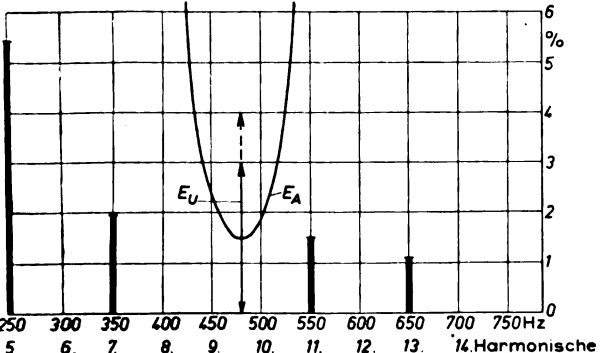


Bild 2. Typisches Oberwellenspektrum eines Dreiphasennetzes und Ansprechbereich der Empfangsgeräte von L & G-Überlagerungs-Fernsteueranlagen.

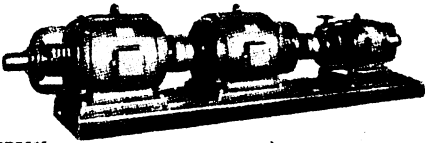


Bild 3. Tonfrequenz-Umformergruppe 20 kVA, bestehend aus Generator, Asynchronmotor und Frequenzumformer.

C. Apparate

1. Tonfrequenz-erzeuger (Maschinensatz) Die Tonfrequenz wird in einem Maschinensatz erzeugt (Bild 3), der aus einem Generator, der von einem Asynchronmotor entgegen der Drehfeldrichtung angetrieben wird, und einem Frequenzumformer besteht. Nimmt man z. B. eine

\* s. W. Koenig: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 196.

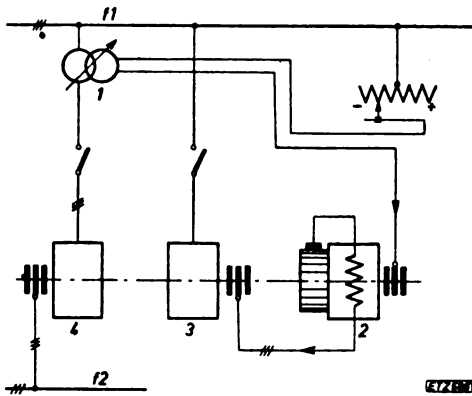


Bild 4. Schaltung, um die Drehzahl der Umformergruppe konstant zu halten.

18polige Maschine und treibt sie mit 3000 U/min entgegen ihrem Drehfeld an, so erhält man eine Frequenz

$$f = 50 + \frac{p n}{60} = 500.$$

Als Antriebsmotor dient ein Asynchronmotor mit der synchronen Drehzahl von 3000 U/min. Der Frequenzumformer ist notwendig, um die Tourenzahl dieser Umformergruppe stets konstant zu halten, gleichgültig ob die 50 Hz-Netzfrequenz, die der Erregung dient, innerhalb  $\pm 5\%$  schwankt oder der Tonfrequenzgenerator vom Leerlauf auf Vollast übergeht. Dies ist durch eine spezielle Schaltung (Bild 4) erreicht, und zwar wird über einen Wandler im Erregerkreis des Tonfrequenzgenerators und den Frequenzumformer dem Rotor des Asynchronmotors eine zusätzliche Regelspannung von Schlupffrequenz zugeführt, die so groß ist, daß das dadurch entstehende zusätzliche Antriebsmoment das Bremsmoment, das im Tonfrequenzgenerator durch Belastung (bei Impulssendung) entsteht, kompensiert. Dadurch wird die Tonfrequenz praktisch konstant gehalten, wodurch sichergestellt wird, daß der Resonanzkreis im Empfangsrelais stets im Resonanzpunkt arbeitet.

## 2. Empfänger

Der Empfänger besteht aus einem Kondensator und einer Induktivität (Reaktanz des Resonanzrelais), nämlich dem auf die Sendefrequenz abgestimmten Reihenresonanzkreis, einem Synchronmotor, sowie dem Nockenwähler und einer Anzahl Kipprelais. Die ankommenden Steuerimpulse sind stark genug, um das Resonanzrelais direkt zu betätigen (keine Verstärkerrohren!) (Bild 5). Der Empfänger ist in einem normalen Zählergehäuse untergebracht und denkbar robust und einfach im Aufbau, weil er für eine relativ kleine Frequenz (475 oder 725 Hz) und relativ große Empfangsspannung (4,4 ... 6,6 V) entwickelt wurde. Außerdem ist der Empfänger

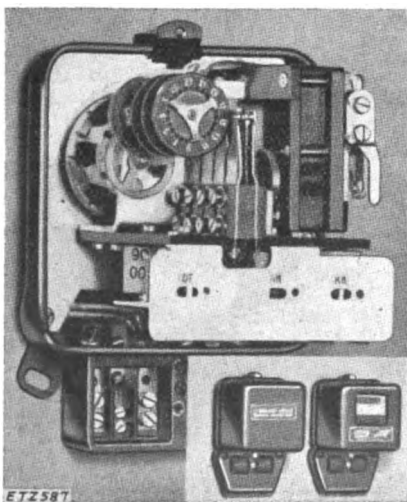


Bild 5. Beispiel eines Empfangsgerätes für 3 Doppelkommandos für je 10 A, 380 V.

nach dem Baukastenprinzip zusammengesetzt und kann mit 1 ... 6 ein- oder mehrpoligen Kipprelais für 10 oder 15 A ausgerüstet werden, sogar auch mit Schaltern bis zu 100 A.

Um die Typenzahl auf ein Minimum zu reduzieren, besitzt der Empfänger einen Nockenwähler, mit dem er durch einen einfachen Handgriff auf jedes beliebige der 25 Doppelkommandos eingestellt werden kann, ohne daß Leitungen umgeklemmt zu werden brauchen. Er kann damit auch am Einbauort leicht auf ein anderes Kommando umgestellt werden (Bild 6). Ferner besteht die Möglichkeit, die Empfänger in etwa vorhandene Zeitschalter an Stelle der Uhrwerke einzubauen.

Der Empfänger wurde so konstruiert, daß er keiner periodischen Wartung bedarf und ebenso lange im Betrieb bleiben kann, wie Elektrizitätszähler. Er besitzt wenig bewegliche Elemente, keinerlei Schmierstellen und vor allem

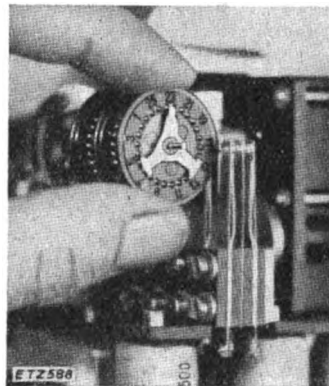


Bild 6. Nockenwähler.

keine empfindlichen Lager oder andere Reibungsflächen. Die den Schaltuhren anhaftenden Mängel, wie das Eintrocknen, Verharzen oder Einfrieren des Öls können damit nicht auftreten.

Die Empfänger haben sich in vielen tausend geliefertten Apparaten jahrelang jahraus unter den schwierigsten Bedingungen im Hochgebirge (sogar in Straßenlampenmasten) und bei großen Spannungsschwankungen bewährt.

## Zusammenfassung

Das beschriebene Impulsintervall-Fernsteuersystem dient der Fernsteuerung von elektrischen Verbrauchern (z. B. Heißwasserspeichern, Straßenbeleuchtungen usw.) und Tarifapparaten und arbeitet entweder mit Steuerdraht oder ohne einen besonderen Schaltdraht mit Tonfrequenz. Es hat sich in vielen ausgeführten Anlagen bewährt. 25 Doppelkommandos (ein — aus) können in etwa 30 s durchgegeben werden. Die Kommandozahl kann durch Gruppen- oder Kombinationswahl beliebig erweitert werden. Tonfrequenzanlagen arbeiten mit 475 oder 725 Hz. Die Sendeleistung wurde mit 1,5 ... 20/100 der Netzleistung bewußt groß gewählt, um sicherzustellen, daß die Impulse ohne Verstärkung (also ohne Energiespeicherung und Röhren) bis zum entferntesten Empfangsrelais gelangen und dies ansprechen lassen. Die Empfangsrelais sind nicht nur sehr einfach und deshalb verhältnismäßig billig, sondern vor allem betriebssicher, weil sie wenig bewegliche Teile und keine Schmierstellen besitzen und gegen Hitze und Kälte unempfindlich sind. Als wesentliches Bauelement enthalten sie einen Nockenwähler, der jedes Kommando leicht einzustellen gestattet.

## Schrifttum

- [1] P. Minder: Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 914.
- [2] Editor: Remote Control Systems. Electr. Tms. 118 (1950) Nr. 344 S. 953.
- [3] H. Eigl: Die Fernsteuerung des Umspannwerkes Guntramsdorf der Wiener Stadtwerke-Elektrizitätswerke. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 67 (1950) S. 293.
- [4] R. W. Field: Remote Supervisory Control. Gen. Electr. J. 17 (1950) S. 178.
- [5] Versch. Aut. Netzkommando-Anlagen. Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 1. Dezember 1949 in Berlin. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 153 (Vorträge von E. E. M. Rosengen, J. Pempel, W. König, O. Grob, E. Späth mit anschließender Diskussion).
- [6] W. P. Venzke: Fernbedienungsanlagen im Energieversorgungsgebiet. Verlag W. Girardet, Essen 1950 (mit ausführlichem Literaturverzeichnis).
- [7] J. Pempel: Télécommandes centralisées par courants porteurs. Bull. Soc. franc. Electr. 91 (1949) S. 165.
- [8] W. Schmucki: Praktische Erfahrungen mit der Zentralfernsteuerung. Schweiz. Techn. 46 (1949) S. 749.
- [9] T. W. Ross u. R. M. A. Smith: Centralized Ripple Control of High-Voltage Networks. Proc. Instn. Electr. Engrs. II. 95 (1948) S. 476.
- [10] W. König u. E. Walder: Die Fernwirkanlage Waltersburg-Ilanz. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 39 (1948) S. 635.
- [11] O. Grob: Ein neues Zentralsteuersystem ohne Steuerdraht für Verteilnetze. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 37 (1946) S. 211.
- [12] D. Burger: L'action à distance. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 36 (1945) S. 829.



- [3] R. C. Cheek u. W. A. Derr: The combination of supervisory control with other functions on power-line carrier channels. Electr. Engng., Trans. Sect., 64 (1945) S. 241.  
 [4] J. L. Carr: Remote switching by superimposed currents. Proc. Instn. Electr. Engrs. 91, I (1944) S. 400.  
 [5] E. Trachsel: Fernsteuern und Fernmelden über Telefonleitungen. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 35 (1944) S. 655.  
 [6] E. Hancress: Zentrale Fernsteuerungen durch neuartige Netzkommandoanlagen. BBC-Mitt. 31 (1944) S. 151.  
 [7] W. Werdenberg: Die Fernmelde- und Fernsteueranlage des Elektrizitätswerkes Winterthur. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 34 (1943) S. 381.

- [18] W. Henning: Entwicklung und heutiger Stand der Fernsteuertechnik. ETZ 64 (1943) S. 235.  
 [19] W. Venzke: Über die Anwendung von Fernbedienungseinrichtungen nach dem AEG-Wählverfahren. AEG-Mitt. 1943, Nr. 1/4, S. 1.  
 [20] K. Mann: Die Fernbedienungsanlage für die Stromversorgung der Hamburger S-Bahn. Elektr. Bahnen 18 (1942) S. 243.  
 [21] H. Dewald: Die Fernsteuerung von Straßenbeleuchtung, Warmwasserbereitung und Sondereinrichtungen über Stromnetze. Z. Fernmeldetechn. 23 (1942) S. 86.  
 [22] W. Langbein: Fernschaltung nach dem Eindrathverfahren. Elektrizitätswirtsch. 41 (1942) S. 235.

## Die Verbesserung des Kondensatordielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und -tränkung

Von P. Hochhäusler, Honnef a. Rhein

DK 621.319.4

**Übersicht.** Es wird über Betriebserfahrungen mit einer Imprägnieranlage für Clophen-Kondensatoren berichtet, die mit einem Vakuum von  $10^{-4}$  Torr arbeitet. Die auf diese Weise erstmalig erzielte Verbesserung des Kondensatordielektrikums wird durch Messungen der Durchschlagfestigkeit und des Verlustfaktors nachgewiesen und gestattet eine risikofreiere Ausnutzung des Dielektrikums. — Zum Schluß wird noch auf die Vervollkommnung solcher Hochvakuumanlagen eingegangen.

### 1. Die Hochvakuum-Imprägnieranlage

Über die Hochvakuumbehandlung speziell von Clophen-Kondensatoren ist vom Verfasser bereits an verschiedenen Stellen<sup>1</sup> berichtet worden. Dort sind vor allem die Einrichtungen beschrieben, die die Evakuierung von Papier-Kondensatorwickeln bei einem Druck von  $10^{-4}$  Torr und damit die restlose Entfeuchtung und Entgasung des Dielektrikums erlauben. Daher soll hier auf die Geräte zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des Hochvakuums nur soweit eingegangen werden, wie es für die Funktionsweise derartiger Anlagen von besonderer Bedeutung ist. Ferner soll über Betriebserfahrungen mit einer derartigen Hochvakuumanlage in größere Chargen berichtet werden.

a) Anforderungen an den Imprägnierbehälter. — Bei dem Imprägnierkessel, der in vorliegendem Falle einen Rauminhalt von  $10,5 \text{ m}^3$  hat, ist vor allem auf größtmögliche Dichtigkeit großer Wert zu legen, um gegen Ende der Trocknung und Entgasung des Kondensatormaterials die noch auftretende Gasabgabe von etwaigen Undichtigkeiten mit Sicherheit unterscheiden zu können. Gibt man sich bei gefülltem Rezipienten im Endstadium der Entgasung bei angeschlossenen Diffusionspumpen mit einem Druck von einigen  $10^{-4}$ ...  $1 \cdot 10^{-3}$  Torr zufrieden, so genügt es, wenn der leere, geheizte Kessel die Aufrechterhaltung eines um eine Zehnerpotenz niedrigeren Druckes gestattet, der im von den Pumpen abgeschlossenen Zustand in einigen Stunden einen Druckanstieg von nicht mehr als dem obigen Wert zeigt. Bei einer derartigen Prüfung des Rezipienten ist es allein schon schwierig, zwischen Undichtigkeiten und Gasabgabe aus den Wänden und Dichtungen in beheiztem Zustand zu unterscheiden, insbesondere wenn man in Betracht zieht, daß ein solcher Imprägnierkessel eine große Anzahl von lösbaren und nichtlösbaren Dichtungsstellen in Form von Flanschverbindungen und Schlifflinien oder Metallglasverschmelzungen erfordert. Der verwendete Behälter besitzt nicht weniger als 127 solcher Dichtungsstellen, wobei die Deckeldichtung allein einen Durchmesser von rd. 3 m aufweist. Diese Dichtungen trennen den Hochvakuumraum von der äußeren Atmosphäre und von den unter Druck von mehreren Atmosphären stehenden, im Innern des Kessels untergebrachten Heißwasser-Heizschlangen aus Kupferrohr. An diese werden besonders hohe Anforderungen in bezug auf Dichtigkeit gestellt, zumal die Wassertemperatur der Heizschlangen  $120^\circ \text{C}$  und mehr beträgt. Hier kann als Dichtungsmaterial nur Perbunan oder besser Silicongummi verwendet werden.

Hat der Tränkkessel wie im vorliegenden Falle auch einen Heißwassermantel und arbeitet man mit Drücken, die in der Größenordnung von  $10^{-4}$  Torr oder niedriger liegen, so ist u. U. die Wasserstoffdiffusion durch die eiserne Wandung des Kessels in den Hochvakuumraum zu beachten. Man kann solche Wasserstoffdiffusion durch eiserne Wände, wie sie z. B. auch beim wassergekühlten Quecksilber-Dampfgleichrichter bekannt ist, dadurch verhindern, daß man im Innern des Heizmantels der elektrischen Spannungsreihe entsprechend negativeres Material als Eisen einbringt. Bei dem beschriebenen Imprägnierkessel sind zu diesem Zwecke Zinkstäbe im Heizmantel untergebracht.

b) Die Wasserabscheidung bei hochgradiger Evakuierung. — Bei den bisher bekannten Imprägnieranlagen ist es üblich, den aus dem Papier der Kondensatorwickel entweichenden Wasserdampf durch eine im Zuge der Vakuumleitung liegende wassergekühlte Vorlage zu kondensieren. Eine solche Kondensation gelingt aber nur dann, wenn bei der herrschenden Kühlwassertemperatur und dem vorhandenen Luftdruck der Taupunkt erreicht wird. Sind an dem Rezipienten jedoch Pumpen angeschlossen, deren Sauggeschwindigkeit die Verdampfungsgeschwindigkeit des Wassers bei weitem übertrifft, so daß auch zu Beginn der Evakuierung nach kurzer Zeit ein Druck von 1 Torr oder weniger im Rezipienten aufrecht erhalten werden kann, so tritt der Taupunkt bei normaler Kühlwassertemperatur von  $+12^\circ \text{C}$  nicht ein. Wasser könnte in der Vorlage nur durch weitere Unterkühlung etwa mit Hilfe von  $\text{CO}_2$ -Eis oder flüssiger Luft abgeschieden werden. Das ist bei technischen Anlagen zu unwirtschaftlich.

Die modernen Drehkolbenpumpen mit Gasballasteinrichtung<sup>2</sup> gestatten aber das Absaugen von Dämpfen durch die Pumpe hindurch, wenn man nur die Pumpe auf einer Temperatur hält, die Wasserdampf im Zylinderraum nicht kondensieren läßt. Wasser wird dann auf der Druckseite der Pumpe in einem besonderen Behälter abgeschieden, der nicht gekühlt zu sein braucht.

Der obige mit Kondensatoren besetzte Imprägnierbehälter kann mit zwei Drehkolbenpumpen, die zusammen eine Saugleistung von  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  haben, innerhalb 15... 20 min auf einen Druck von 1 Torr evakuiert werden. Auf der Druckseite dieser beiden Pumpen befindet sich als besonderer luftgekühlter Behälter ein Wasserabscheider, in dem jedoch nur im Anfang des Evakuierens Wasser kondensiert, weil sowohl dieser Behälter als auch die Druckseite der beiden großen Drehkolbenpumpen mit einer dritten Pumpe, einer Drehschieberpumpe mit Gasballasteinrichtung, unter Vakuum gehalten werden (s. Bild 1). Die Druckseite dieser Pumpe steht über einen zweiten Wasserabscheider direkt mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung. Hier kondensiert der größte Teil des Wassers, insbesondere wenn auch die Zwischenstufe einen Druck erreicht hat, für den der Taupunkt zu tief liegt.

<sup>1</sup> s. „Der Elektrotechniker“ 2 (1950) S. 297; ETZ 72 (1951) S. 281 u. S. 316.

<sup>2</sup> s. Jaeckel: Kleinste Drücke, S. 111. Springer Verlag.

Diese Anordnung verhindert mit Sicherheit die Kondensation von Wasser innerhalb der Pumpenräume, was eine Gefahr für Funktion und Lebensdauer der Pumpen bedeuten würde. Weiterhin hat sie den Vorteil größerer Förderleistung im Gebiet niedrigen Druckes. Die Gasballasteinrichtung für die beiden Hauptpumpen fehlt bei dieser Anordnung.

Mit Hilfe der beschriebenen Vorpumpanlage ist es möglich, den größten Teil der anfallenden Wassermenge innerhalb 48 h aus den Kondensatorwickeln zu entfernen. Das sind pro 1000 kg Kondensatorpapier rd. 80 ... 100 l. Voraussetzung ist dabei, daß mit beginnender Evakuierung der Rezipient aufgeheizt wird, jedoch nicht früher, sonst besteht Oxydationsgefahr für die Metallteile der Kondensatoren und des Imprägnierkessels.

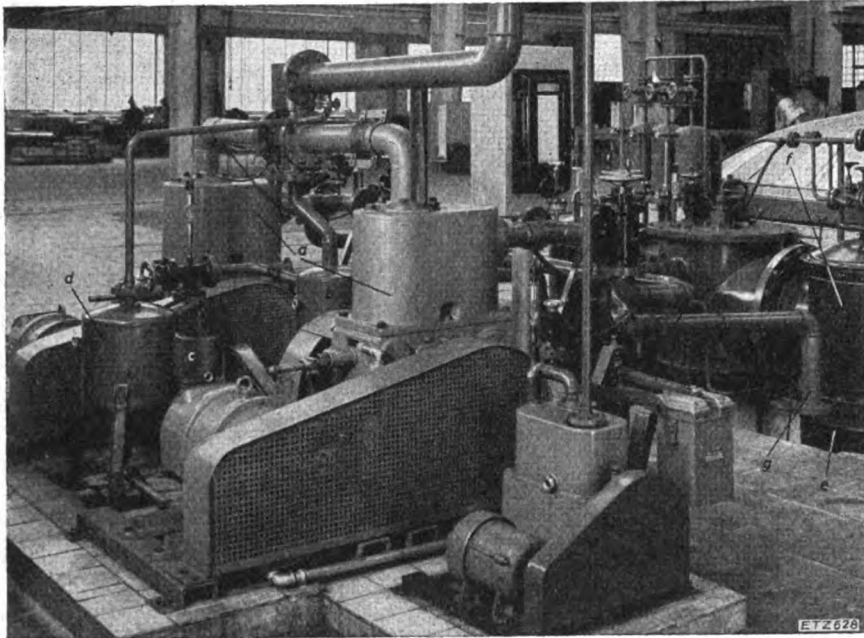


Bild 1. Gasballastpumpen mit Wasserabscheider auf der Druckseite; im Hintergrund die Diffusionspumpen (Werkaufnahme Lepper).

c) Die Entgasung unter Hochvakuum. — Ist der Druck im Rezipienten mit Hilfe der Drehkolbenpumpen auf den Wert von einigen zehntel Torr gesunken, so werden die Diffusionspumpen angeheizt und deren Ventile, die sie vom Rezipienten abschließen, geöffnet. Gleichzeitig werden die rotierenden Pumpen vakuumseitig vom Tränkessel auf die Vorräumstutzen der Diffusionspumpen umgelegt. Solange diese bei noch hohem Vorräumdruck nur als Dampfstrahlpumpen arbeiten, ist ihre Saugleistung verhältnismäßig gering, der Druck im Rezipienten sinkt langsam bis auf einige  $10^{-2}$  Torr. Im Gebiet von  $10^{-1}$  ...  $10^{-2}$  Torr treten die Diffusionsdüsen als solche in Tätigkeit, die der Pumpe die maximale Sauggeschwindigkeit in diesem Druckgebiet verleihen. Die hier vorliegende Anlage wird mit 2 Pumpen der Type OT 2500 der Fa. E. Leybold's Nachfolger, Köln, betrieben, die zusammen eine Saugleistung von  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  haben. Daher fällt bei dem  $10,5 \text{ m}^3$  Inhalt fassenden Rezipienten der Druck von etwa  $2 \cdot 10^{-2}$  Torr bis auf wenige  $10^{-4}$  Torr in rd. 1 h, ein Druck, der nun bis zum Ende der Entfeuchtung und Entgasung und auch während des Tränkens der Kondensatoren dauernd aufrecht erhalten wird.

Sperrt man kurz nach der Inbetriebsetzung der Diffusionspumpen den Imprägnierkessel von diesen ab, so steigt der Druck im Kessel außerordentlich schnell an, bis sich schließlich der Partialdruck des Wasserdampfes einstellen würde. Mit Hilfe dieser Druckanstiegsprobe kann man von Zeit zu Zeit beurteilen, wie weit die Entfeuchtung und Entgasung fortgeschritten ist. Die Kondensatoren, die im Innern des Imprägnierbehälters auf den Heizschlangen stehen, haben sich inzwischen auf  $100 \dots 110^\circ\text{C}$  aufgeheizt, was durch

im Innern der Kondensatoren angebrachte Widerstandsthermometer von außen durch Schreiber kontrolliert wird. Dank der großen Sauggeschwindigkeit der Diffusionspumpen ist die Wasserabgabe aus den Kondensatoren sehr bald beendet, was man am besten dadurch feststellt, daß kein Tropfen Wasser mehr aus dem unter Atmosphärendruck stehenden Abscheider der den Drehkolbenpumpen vorgeschalteten kleinen Gasballastpumpe austritt. Vorher hat eine Druckanstiegsprobe keinen Sinn.

Selbst wenn die Feuchtigkeit aus den Wickeln restlos entfernt ist, werden von diesen unter Hochvakuum noch große Mengen Gas abgegeben. Erst wenn der Druck bei von den Pumpen abgeschlossenem Rezipienten etwa so langsam ansteigt wie bei leerem geheiztem Kessel, kann man mit Sicherheit sagen, daß die Kondensatorwickel restlos entgasungsfähig sind. Die Zeit des Druckanstieges von  $10^{-4}$  ...  $10^{-2}$  Torr beträgt in diesem Zustande etwa  $1\frac{1}{2}$  ... 2 h. Das entspricht ungefähr einer Zeit von 8 ... 10 h bei kaltem Kessel. Die Gasabgabe des leeren Kessels rührt von den geheizten Wänden und den inneren Metallteilen her, der Rest kann auf Undichtigkeiten der lösbaren Flanschverbindungen und des Deckels zurückgeführt werden.

Was für die restlose Entfeuchtung und Entgasung der Kondensatorwickel gilt, trifft selbstverständlich auch für das Tränkmittel zu. In den angezogenen Arbeiten ist eine aus zwei Stufen bestehende Entgasungseinrichtung für Clophen beschrieben, die gestattet, das Tränkmittel in dem angeschlossenen ebenfalls mit einer Diffusionspumpe ausgerüsteten Vorratsbehälter auf einem Druck von mindestens  $10^{-3}$  Torr zu halten. Da der Vorratskessel ständig beheizt ist, um das Tränkmittel, wie z. B. Clophen A 50, flüssig zu erhalten, stellt sich hier bei abgeschlossenem Kessel selbstverständlich der des Temperatur entsprechende Dampfdruck des Tränkmittels als Gesamtdruck ein.

d) Der Tränkvorgang. — Im Gegensatz zu anderen Imprägnieranlagen darf hier zum Einbringen des Tränk-

mittels in den Rezipienten der Vorratskessel nicht belüftet oder unter Atmosphärendruck gesetzt werden. Beide Kessel kommunizieren während des Tränkprozesses und verbleiben dauernd unter Hochvakuum. Das Tränkgut wird mit zwei Förderpumpen in den Rezipienten gepumpt und aus diesem nach der Tränkung in den Vorratskessel wieder zurückgepumpt. Um nicht unnötig große Mengen Tränkmittel befördern zu müssen und um den Vorratskessel im Vergleich zum Tränkkessel klein halten zu können, ist in letzterem eine verstellbare Auslaufspitze für das Tränkmittel vorgesehen, die es gestattet, die auf der oberen Heizschlange stehenden Kondensatorbehälter volllaufen zu lassen, während die darunter befindlichen geflutet werden.

e) Besonderheiten des Hochvakuum-Tränkverfahrens. — Das im vorliegenden Falle hauptsächlich verwendete Kondensatortränkmittel ist Diphenylpentachlorid (Clophen A 50). Daneben kann aber auch das Tetra- und das Trichlorid des Diphenyls verwendet werden. Um die erzielbaren hohen elektrischen Werte, von denen im zweiten Abschnitt die Rede sein wird, zu erhalten, ist es unbedingt erforderlich, die Clophene dauernd vor Verunreinigungen insbesondere durch Mineralöl zu schützen. Nun wurden bislang die hier verwendeten Diffusionspumpen vornehmlich mit Apiezonölen, Trikesylphosphat, Silicconölen oder anderen organischen Verbindungen von sehr niedrigem Dampfdruck betrieben. Das ist bei Tränkung von Kondensatoren mit Clophen unstatthaft, weil ein Zurückdiffundieren des Pumpentreibmittels in den Rezipienten nur durch umständliche, im Großbetrieb unwirtschaftliche Kühlfallen verhindert werden könnte.

Nun ist es ein glücklicher Umstand, daß die verwendeten Diffusionspumpen mit Fraktioniereinrichtung<sup>3</sup> des Treibmittels (Booster) auch mit den obigen Diphenylchloriden betrieben werden können. Clophen als Treibmittel hat weiterhin den Vorteil, daß sich die maximale Sauggeschwindigkeit dieser Diffusionspumpen in das Gebiet von  $10^{-1}$  ...  $10^{-2}$  Torr verschiebt, in welchem gerade die Hauptgasmenge aus dem Kondensatormaterial anfällt.

Erst dadurch, daß man das Kondensatortränkmittel selbst als Pumpentreibmittel verwenden kann, ist es auch möglich, die gefluteten und von außen mit Clophen benetzten Kondensatoren unter Hochvakuum abzudampfen, so daß sie den Rezipienten in trockenem Zustand verlassen können. Dank der hohen Verdampfungsgeschwindigkeit unter Hochvakuum benötigt man für diesen Vorgang nur wenige Minuten. Setzt man dies längere Zeit fort, so gewinnt man noch den weiteren Vorteil, den Clophenspiegel der gefluteten Kondensatoren auf jenes Maß zu senken, das bei geschlossenem Kondensatorbehälter wegen der Ausdehnung des Clophens im Betriebe erforderlich ist.

Die so von jeder anhaftenden Clophenmenge befreiten Kondensatorgehäuse können nunmehr ohne irgendwelche gesundheitsschädliche Einwirkung auf den damit Hantierenden geschlossen werden.

Das nach der Tränkung in großer Menge anfallende Clophen wird in den angeschlossenen Diffusionspumpen kondensiert. Ist der Clophenspiegel in den Pumpen bis zum Vorvakuum gestiegen, so sind diese vom Vorvakuum abgesperrt und hören auf zu arbeiten. Aber schon vorher läßt ihre Sauggeschwindigkeit erheblich nach, weil die Heizleistung der Diffusionspumpen nicht mehr ausreicht, die für einen ordnungsmäßigen Betrieb erforderliche Menge Clophen zu verdampfen. Die Clophen-Booster besitzen daher eine unter Vorvakuum stehende Überlaufeinrichtung mit angeschlossener Schleuse, die den Clophenspiegel in der Pumpe stets auf der erforderlichen Höhe hält, die nicht benötigte Menge ohne Betriebsstörung ausschleust und in den Clophen-Vorratsbehälter zurückführt. Auch die an diesem angeschlossene Treibdampfmaschine besitzt eine solche Überlauf- und Ausschleusvorrichtung für das überschüssige Tränkgut.

Das zur Tränkung verwendete Clophen A 50 ist nicht ganz frei von niedriger siedenden Bestandteilen, vornehmlich von Diphenyltetrachlorid (Clophen A 40). Demzufolge tritt bei dem oben beschriebenen Abdampfvorgang im Tränkeessel eine fraktionierte Destillation des Tränkgutes ein, so daß sich in den Pumpen Clophen A 40 anreichert, was den Vorteil der Verschiebung der maximalen Sauggeschwindigkeit in das oben genannte höhere Druckgebiet mit sich bringt. Zudem werden die Diffusionspumpen von vornherein mit Clophen A 40 beschickt.

Das soeben gesagte gilt analog auch für die Öltränkung von Kondensatoren, wenn man mit Hochvakuum unter Verwendung von Boostern arbeiten will. Diese werden dann einfach mit dem Kondensatoröl betrieben, wobei sich wieder der Vorteil der Ölfraktionierung dieser Pumpen herausstellt. Bei niedrigerer Temperatur siedenden Bestandteile des Öls mit höherem Dampfdruck verdampfen in den Vorstufen der Diffusionspumpen, während das Öl mit niedrigstem Dampfdruck die Hauptdüse betreibt und das Hochvakuum erzeugt<sup>3</sup>.

#### Die elektrischen Werte unter Hochvakuum behandelter Clophen-Kondensatoren

a) Die Durchschlagsfestigkeit. — Durch die stofflose Entfeuchtung und Entgasung des Kondensatoraktivmaterials wird die Bildung von Ionisationskernen weitgehend verhindert, wodurch Momentan-Durchschlagsfestigkeiten bei 50-Hz-Wechselspannung erreicht werden, die beim clophen-tränkten Papierdielektrikum einer Feldstärke von 6 kVeff./mm und mehr entsprechen. Bei Gleichspannung sind Werte von 220 ... 260 kV/mm gemessen worden.

Um Vergleichswerte mit Messungen anderer Autoren zu haben, ist die in Bild 2 gezeichnete Zeitdurchschlagkurve in der üblichen Weise bei 20 °C Zimmertemperatur an Ein-

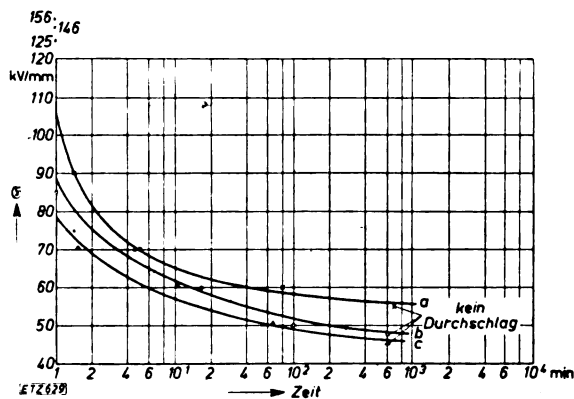


Bild 2. Durchschlagsfeldstärke des Clophen-Papier-Dielektrikums bei 50 Hz in Abhängigkeit von der Zeit der Beanspruchung bei verschiedenen Wicketemperaturen: a) 20 °C, b) 65 °C, c) 85 °C. Übertemperatur beim Durchschlag 5 ... 6°.

zelwickeln aufgenommen worden. Eine solche Messung kommt selbstverständlich den wirklichen Betriebsverhältnissen hinsichtlich der Temperatur im Innern eines Kondensators, beispielsweise einer 100 kVA-Einheit keineswegs nahe. Um nun nicht bei jeder Einzelmessung eine große Kondensatoreinheit opfern zu müssen, aber doch die Betriebsverhältnisse nachahmen zu können, wurde eine größere Anzahl Wickelpakete in einem normalen Kondensatorbehälter von außen auf Betriebstemperaturen aufgeheizt, die im Höchstfalle im Innern der Wickel eines 100 kVA-Kondensators bei VDE-mäßiger Überbeanspruchung, d. i. 150 kVA, auftreten können. Die Kurven b und c in Bild 2 wurden auf diese Weise als Zeitdurchschlagswerte bei Temperaturen des die Wickel umgebenden Clophens von 65 bzw. 85 °C gemessen. In allen drei Fällen lag die Übertemperatur des gemessenen Wickels beim Durchschlag bei 5 ... 6°. Interessant ist, daß man die gleichen Werte erhält, wenn man alle übrigen Wickel dauernd unter Betriebsspannung hält. Selbst eine stundenlange Vorbelastung des Wickels bis nahe an den Grenzdurchschlagswert heran bringt noch fast den gleichen Zeitwert. Das ist erstaunlich und nur darauf zurückzuführen, daß unter dem Einfluß des elektrischen Feldes selbst bei hohem Gradienten keinerlei Veränderung des Clophen-Papier-Dielektrikums stattfindet. Der Verlustfaktor und die Temperatur des betreffenden Wickels steigen erst wenige Sekunden vor dem Durchschlag. Eine Gasentwicklung wie beim Öl-Papier-Dielektrikum ist selbst kurz vor dem Durchschlag nicht zu beobachten.

b) Der Verlustfaktor. — Mit der Hochvakuumbehandlung und -tränkung von Clophenkondensatoren erzielt man Verlustfaktoren, die bei Betriebstemperatur Werte von  $\text{tg } \delta = 2 \dots 2,5 \cdot 10^{-3}$  erreichen. Es sind aber auch schon Werte gemessen worden, die bei  $1,7 \cdot 10^{-3}$  liegen. Diese Werte sind bei Kondensatoren mit Clophen-Papier-Dielektrikum hier erstmalig beobachtet worden und erreichen oder unterschreiten damit sogar die bei Öl-Papierkondensatoren gemessenen Werte. Nun liegt bekanntlich bei betriebsfrequenter Wechselspannung der Verlustfaktor umso höher, je größer die Dielektrizitätskonstante des Tränkmittels ist. Anzunehmen, daß diese Gesetzmäßigkeit durch die Hochvakuumbehandlung nicht mehr zuträfe, wäre irrig. Vielmehr wird man vermutlich bei unter Hochvakuum getränkten Ölkondensatoren noch erheblich unter die obigen Werte heruntorkommen.

Ob allerdings diese niedrigen  $\text{tg } \delta$ -Werte auch bei höheren Gradienten beim Öl-Papier-Dielektrikum erhalten bleiben, wie dies beim Clophen-Kondensator der Fall ist, ist zumindest fraglich und bedarf noch der näheren Untersuchung. Ich will mich hier auf das zur Verfügung stehende Material des Clophen-Papier-Dielektrikums beschränken. In den Grenzen zwischen 3 und 45 kV/mm ist bei konstanter Temperatur kein Ansteigen des Verlustfaktors zu beobachten. Man kann bei abgeglicherer Scherungbrücke den Kondensator in den obigen Grenzen beanspruchen, ohne daß das Vibrationsgalvanometer der Brücke ausschlägt. Auf den ab-

<sup>3</sup> s. Jaeckel: Kleinste Drücke, S. 184. Springer-Verlag.

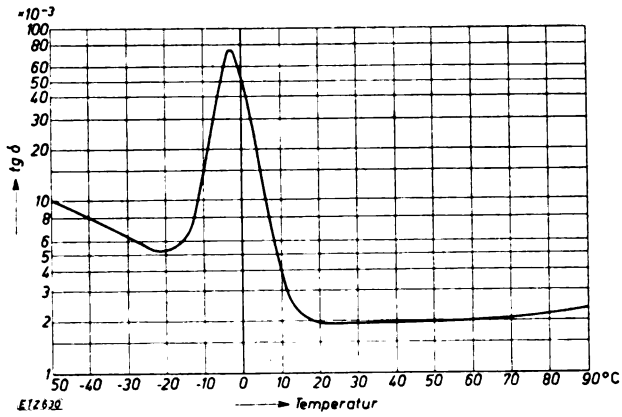


Bild 3. Verlustfaktor unter Hochvakuum getränkter Clophen-Kondensatoren bei 50 Hz in Abhängigkeit von der Wickeltemperatur.

solut konstanten Verlustfaktor auch bei hoher Feldstärke ist die geringe Erwärmung des Wickels kurz vor dem Durchschlag (s. Bild 2) zurückzuführen und damit der erreichbare hohe Grenzdurchschlagswert beim Clophen-Papier-Dielektrikum erklärt. Ob es sich dabei allerdings um einen reinen Wärmedurchschlag handelt, ist noch ungeklärt. Es hat nicht den Anschein, als ob das der Fall ist. Der Durchschlagskanal benötigt einige Sekunden zu seiner Entstehung. Kurz vorher ist keinerlei Erwärmung des Wickels und auch kein Ansteigen des Verlustfaktors zu beobachten, so daß die oben berichtete geringe Erwärmung von 5...6° allein vom Konvektionsstrom im Durchschlagskanal herrühren muß. Der Durchschlag kann also nicht die Folge einer zusätzlichen spontanen Erwärmung sein.

Die Genauigkeit der Verlustfaktormessungen mit der Scheringbrücke wurde wegen der vielleicht möglichen Fehlerquellen durch eine kalorimetrische in folgender Weise kontrolliert. Es wurde in ein mit Clophen gefülltes Gefäß der gleichen Größe mit dem gleichen Anstrich wie der gemessene Kondensator ein ohmscher Widerstand eingebracht und diesem die mit der Scheringbrücke gemessene Verlustleistung des Kondensators zugeführt. Das Kondensator- und das Widerstandsgehäuse besaßen innen und außen Thermometertaschen. Die Gehäuse wurden so weit voneinander entfernt aufgestellt, daß sie sich nicht gegenseitig anstrahlten. Im Endzustand erreichten beide die gleiche Oberflächentemperatur, womit die Richtigkeit der Brückenmessung gewährleistet ist.

c) Verlustfaktor und Kapazität des Clophenkondensators in Abhängigkeit von der Temperatur. — Clophen zeigt gegenüber Öl unterhalb seines Stockpunktes Besonderheiten im Verhalten von Verlustfaktor und Dielektrizitätskonstante, auf die wegen der betrieblichen Anforderungen an solche Kondensatoren hier näher eingegangen werden soll. Zunächst ist aus Bild 3 ersichtlich, daß der Verlustfaktor von 20°C ab nur sehr langsam mit der Temperatur ansteigt. Darauf ist vermutlich auch der geringe Unterschied der Durchschlagswerte bei verschiedenen Temperaturen nach Bild 2 zurückzuführen. Der Kondensator sollte in seinen äußeren Abmessungen und bezüglich der Feldstärke, mit der sein Dielektrikum beansprucht

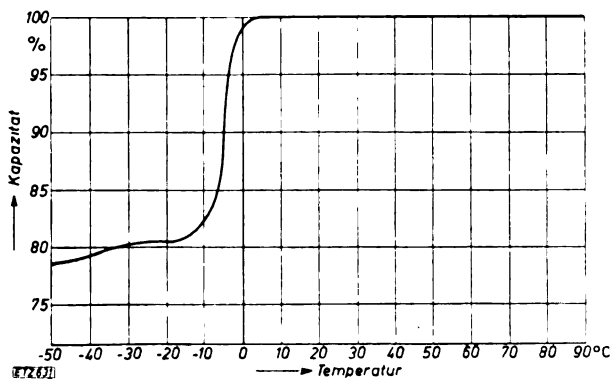


Bild 4. Temperaturabhängigkeit der Kapazität von Clophen-Kondensatoren.

ist, schon mit Rücksicht auf das Papier so bemessen sein, daß die Betriebstemperatur im Innern der Wickel 90...100°C nicht überschreitet.

Unterhalb +20°C (der Stockpunkt des Clophens A 30 liegt bei +12°C, der des Clophens A 40 bei -5°C) steigt jedoch der Verlustfaktor stark an und erreicht bei etwa 0°C sein Maximum, das immerhin einige Prozent beträgt. Unterhalb -12°C liegen die Werte dann wieder unter 1%, wo bei sich ein zweites Minimum bei etwa -20°C zeigt. Neben dem Scheitel der Verlustfaktorkurve eine instabile Zone, die sich im Betriebe eines Kondensators niemals einstellen wird. Ist ein Kondensator zufällig auf diese Temperatur abgekühlt, so erwärmt er sich wegen des hohen Verlustfaktors sehr schnell und nimmt Betriebstemperaturen an, bei denen der Verlustfaktor wieder normal ist und keine schädlichen Auswirkungen auf die Durchschlagsfestigkeit des Dielektrikums hat.

Bei fast der gleichen Temperatur, bei der das Maximum des Verlustfaktors auftritt, stellt sich ein plötzliches Absinken der Dielektrizitätskonstante ein, das die Kapazität des Kondensators auf etwa 80% des ursprünglichen Wertes herabsetzt. Innerhalb der noch praktisch vorkommenden Außentemperaturen ist dieser Wert dann konstant, wie aus der Kurve in Bild 4 zu ersehen ist.

Das Absinken der Kapazität bei tiefen Temperaturen macht sich bei dauernd eingeschalteten Wechselspannungskondensatoren nicht bemerkbar, weil das Dielektrikum dieser Temperatur im Betriebe nicht erreicht. Werden jedoch beispielsweise Phasenschieber-Kondensatoren im Winter nach Abschalten, so können kleine Einheiten mit geringer Wärmekapazität bei strenger Kälte auf 80% ihrer Nennleistung absinken. Nach Wiedereinschalten erwärmen sie sich aber dank der Zone mit hohem Verlustfaktor sehr schnell und erlangen so nach kurzer Zeit ihre volle Kapazität zurück.

Die gleichen Feststellungen bezüglich des Verhaltens von Verlustfaktor und Kapazität an Clophen-Kondensatoren macht auch R. E. Marbury<sup>4</sup>, nur liegen seine tgδ-Werte mehr als doppelt so hoch. In dem angezogenen Buche sind auf S. 18 und 19 auch Kurven dargestellt, aus denen hervorgeht, daß selbst stark unterkühlte Kondensatoren wenige Minuten nach dem Einschalten ihre volle Kapazität wieder erlangen. Selbst wenn sich diese Zeit bei hochvakuumgetränkten Clophen-Kondensatoren wegen des kleineren Verlustfaktors etwa um das Doppelte verlängert, so ist dies in der Praxis immer noch tragbar. Zuweilen ist solch ein Anlaufvorgang sogar erwünscht.

In dem angezogenen Buche von R. E. Marbury sind auf S. 15 auch die gemessenen Verlustfaktoren von Clophen-Kondensatoren bei höheren Frequenzen bis 1 MHz in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Danach stellt sich bis 10 kHz keine Erhöhung des Verlustfaktors gegenüber 50 Hz ein. Lediglich das Maximum verschiebt sich mit steigender Frequenz in das Gebiet höherer Temperaturen, liegt aber bei 10 kHz wenig über 0°C. Clophen-Kondensatoren eignen sich daher besonders auch für die Kompensation von Induktionsöfen.

d) Durchschlagsfestigkeit und Verlustfaktor in Abhängigkeit vom Grad der Entgasung. — Die mitgeteilten elektrischen Werte beziehen sich auf eine Evakuierzeit im Hochvakuum, die etwa der erzielbaren guten Tränkanlage ohne Diffusionspumpen entspricht. Während die Durchschlagsfestigkeit bei längerem Verbleiben des Kondensatorwickel im Hochvakuum nur noch wenig gesteigert werden kann, ist die Grenze des Absinkens des Verlustfaktors mit der Dauer der Evakuierung kaum anzugeben. Es wird eine Frage der Wirtschaftlichkeit in der Herstellung sein, wie weit man damit noch gehen kann. Hier auf wird jedoch zum Schluß noch näher eingegangen.

Der Leser wird bei den Durchschlags- und Verlustfaktormessungen Angaben über den Grad der Satinage des verwendeten Papiers vermißt haben. Diese sind bewußt weggelassen worden, weil sich mit fortschreitender Entgasung das dichtere Papier dem weniger dichten immer mehr annähert.

<sup>4</sup> Marbury: Power Capacitors. Mc. Graw-Hill Book Company, New York, Toronto, London 1949.

gleich, was insbesondere für den Verlustfaktor zutrifft. Die Durchschlagswerte der Papiere mit größter Dichte (Satinage A) liegen auch nur noch um wenig höher als die der Satinage C zum Beispiel, was in bezug auf die angewendete Betriebsfeldstärke nicht mehr von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Das starke Absinken des Verlustfaktors mit fortschreitender Entgasung deutet daher darauf hin, daß die Ionisierungswärme infolge molekularer Gaseinschlüsse einen wesentlichen Anteil der dielektrischen Verluste ausmacht. Den Rest bilden die Umladungsverluste und die infolge der elektrostatischen Kräfte entstehende mechanische Arbeit. Ableitungsverluste dagegen fallen nicht ins Gewicht, da bei Hochvakuumgetränkten Clophen-Kondensatoren Isolationswerte gemessen werden, die einer Zeitkonstante  $T = RC \leq 500\,000 \Omega F$  entsprechen.

Die Verlustwärme hat indirekt natürlich auch einen Einfluß auf die Höhe der Durchschlagfestigkeit, wie man aus Bild 2 ersieht. Der Grenzdurchschlagswert sinkt mit steigender Temperatur.

e) Die zulässige Betriebsfeldstärke des Dielektrikums. — Die Hochvakuumbehandlung des Clophen-Papier-Dielektrikums gestattet auf Grund der vorliegenden Messungen, Betriebsgradienten bei 50 Hz-Wechselspannung von 14 ... 16 kV/mm selbst bei Einheiten von 100 VA zuzulassen. Daher werden die in 2a) und Bild 2 angegebenen Temperaturen im Innern der Wickel bei einer Außentemperatur von 20 °C selbst bei Kondensatorgefäßen ohne vergrößerte Oberfläche noch nicht erreicht. Bei diesen Feldstärken sind die z. Zt. noch gültigen VDE-Leitsätze 0560/1932 über die 1 min-Prüfung von Kondensatoren mit der 3fachen Wechselspannung oder mit  $2U + 10$  bei Spannungen über 10 kV noch anwendbar. Bei der Stabilität des Clophen-Papier-Dielektrikums und im Hinblick darauf, daß bei sorgfältiger Herstellung Durchschlagswerte, die unter denen der Kurven in Bild 2 liegen, auch innerhalb der ersten Minuten nicht auftreten, ist es vertretbar, die Prüfbestimmungen zu mildern, um wenigstens für kleinere Einheiten noch höhere Betriebsgradienten zulassen zu können. Die Überspannungssicherheit ist dadurch gewährleistet, daß selbst nach vorangegangenen Überbelastungen mit Feldstärken, die knapp unter der Kurve c (Bild 2) liegen, noch der gleiche Verlauf der Leitdurchschlagskurve gemessen wird.

Bei reiner Gleichspannungsbeanspruchung kann man auf mindestens die doppelte Feldstärke gehen.

Der Betriebsgradient der Mittelfrequenz-Kondensatoren bis 10 kHz (z. B. für Induktionsöfen) richtet sich nach der für die Wickel zulässigen Erwärmung und ist daher umso niedriger zu wählen, je höher die Frequenz ist (s. Abschn. 2c).

### 3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens

Es fragt sich nun, ob der größere mit der Hochvakuumröhrung verbundene Aufwand gerechtfertigt ist. Wir haben gesehen, daß bei gleicher Herstellungszeit wesentlich bessere elektrische Daten erreichbar sind, die es gestatten, bei gleichem Materialaufwand und gleicher Betriebssicherheit zu größerer Kapazität zu gelangen. Dem stehen die Mehrkosten für die Investierung der Hochvakuumanlage entgegen, die z. Zt. etwa 30% gegenüber anderen Anlagen ausmachen, aber voraussichtlich durch Verbesserungen und Vereinfachungen noch gesenkt werden können.

Es ist oben angedeutet worden, daß bei noch längerem Verweilen der Wickel im Hochvakuum noch niedrigere Verlustfaktoren erzielt werden könnten. Das bedeutet bei gleicher Produktionskapazität einen höheren Aufwand an Investitionen durch Vergrößerung der Anlagen. Es lohnt sich da-

her, die technischen Möglichkeiten zur Verkürzung der Evakuierzeit zu diskutieren. Die Zeit, in der das aktive Kondensatormaterial unter einem Druck von  $10^{-4}$  Torr verbleiben muß, läßt sich durch größere Saugleistung der Diffusionspumpen nicht abkürzen, denn das Gas diffundiert aus den enggepreßten Wickeln mit endlicher Geschwindigkeit in den Hochvakuumraum. Aus diesem Grunde ist es auch falsch, mit allzu breiten und langen Wickeln zu arbeiten. Man berücksichtige dabei, daß die obigen Werte in Evakuierzeiten erreicht wurden, bei der die Druckdifferenz auf der Vorvakuumseite der Diffusionspumpen gegenüber dem Endvakuum der Vorpumpen immerhin noch einige  $10^{-3}$  Torr betrug. Das heißt also, daß die Diffusionspumpen noch förderten vorausgesetzt, daß der Grad der Undichtigkeit der Anlage und des Gasens des beheizten Rezipienten selbst eine Zehnerpotenz tiefer liegt, was bei der vorhandenen Anlage der Fall ist.

Eine Erhöhung der Wickeltemperatur würde die Diffusionsgeschwindigkeit der Gase aus den Wickeln erhöhen und damit die Evakuierzeit abkürzen. Das verbietet sich jedoch, weil man das Natronzellulosepapier nur auf höchstens 110 °C aufheizen darf. Geringere Papierdichten (Satinage C) bringen einige Vorteile. Die Mittelfrequenz-Ausheizung der Kondensatoren durch Anlegen kleiner Wechselspannungen mittlerer Frequenz würde zwar eine schnellere Aufheizung der Wickel ermöglichen, was wegen der großen Wasserabgabe im Anfang nicht einmal erwünscht ist, übt aber unter Umständen auch nachteilige Wirkungen auf das nichtgetränkte Kondensatordielektrikum aus. Zudem wären in der Wandung des Imprägnierkessels zusätzlich eine größere Anzahl Stromdurchführungen anzubringen, falls die zu tränckenden Kondensatoreinheiten nicht sämtlich die gleiche Kapazität hätten. Die Mittelfrequenzanlage einschließlich der Regel-drosseln für verschiedene Kondensatorkapazitäten würden somit die Gesamtanlage nicht unerheblich verteuern.

Was aber versucht werden muß, ist die Abkürzung der Evakuierzeit in dem Druckgebiet von  $10^0$  ...  $10^{-1}$  Torr, in dem der größte Teil des Wasserdampfes anfällt. Da der Schöpfraum der Drehkolbenpumpen durch seine geometrischen Abmessungen bestimmt ist, haben die rotierenden Pumpen in diesem Druckgebiet keine höhere Saugleistung als bei Atmosphärendruck, während die Verdampfungsgeschwindigkeit aus den Wickeln bei entsprechend hoher Temperatur deren Saugleistung sogar übersteigen kann. In diesem Falle tritt ein Druckanstieg ein, der auch beobachtet wird.

Es besteht nun die Möglichkeit, durch die neu entwickelten Dampfstrahlsauger<sup>5</sup> in diesem Druckgebiet eine höhere Sauggeschwindigkeit zu erreichen, womit unter Umständen einige Tage an Evakuierzeit erspart werden können. Die maximale Sauggeschwindigkeit dieser Pumpen läßt sich in dieses Druckgebiet verlegen, während sie imstande sind, gegen hohe Vorvakuumdrucke zu arbeiten. Solche Dampfstrahlpumpen<sup>6</sup>, wiederum mit dem Kondensatortränkmittel betrieben, werden gegenwärtig an der beschriebenen Anlage ausprobiert. Über den Erfolg wird zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.

Da diese Pumpen einerseits auf der Druckseite kein erhebliches Vorvakuum benötigen und andererseits die Verlängerung der an sich kurzen Evakuierzeit bis 1 Torr auf etwa das doppelte keine Rolle spielt, käme man in Zukunft mit wesentlich kleineren und billigeren Gasballastpumpen aus, wodurch die Mehrkosten für die Dampfstrahlsauger ungefähr aufgehoben werden. Ferner besteht die Möglichkeit, eine einzige Grobvakuumpumpe wahlweise für mehrere Rezipienten zu verwenden, womit das Evakuieren bis zum Einsatz der Dampfstrahlpumpen in kurzer Zeit möglich ist.

<sup>5</sup> Jaeckel (s. \*) S. 184.

<sup>6</sup> Hersteller E. Leybold's Nachf. Köln.



# RÜCKBLICK AUF DIE FORTSCHRITTE DER ELEKTROTECHNIK\*

## 1. Hochspannungs- und Meßtechnik

Von E. Hueter, Darmstadt

DK 621.311 : 621.317

Der ständig wachsende Energiehunger, der in allen Industrieländern auftritt, hat die Probleme der Übertragung großer Leistungen über große Entfernungen stark in den Vordergrund gerückt. Eine europäische Verbundwirtschaft wird offensichtlich mehr und mehr notwendig. Infolgedessen sind erneut die Fragen nach der höchsten praktisch möglichen Betriebsspannung und nach der Stromart (Gleichstrom oder Drehstrom) eingehend behandelt worden.

Die Entfernungen werden voraussichtlich so groß sein, daß Drehstromübertragung noch möglich ist und eine eindeutige wirtschaftliche Überlegenheit des Gleichstroms (wenn man von gewissen Sonderfällen absieht) noch nicht vorliegt. Infolgedessen ruht das Schwergewicht der Arbeiten zur Zeit auf dem Gebiete der Drehstromübertragung mit 400 kV, wobei in einigen Fällen an die Verwendung von Hohlseilen, in den meisten allerdings an Bündelleiter gedacht wird. Mehrere Versuchsanlagen in Amerika, Frankreich, Schweden und der Schweiz sind fertiggestellt, in Deutschland ist eine solche in Bau [10]. Man ist sich darüber klar, daß klärende Vorversuche notwendig sind, da der Übergang von 220 auf 380 oder 400 kV doch einen ganz erheblichen Sprung darstellt, und insbesondere die Koronafrage von ganz ausschlaggebender Bedeutung sein wird. Mit diesen Fragen beschäftigten sich auch die beiden Hauptvorträge (Biermanns und von Mangoldt) auf der letzten Jahresversammlung des VDE [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11].

Im Transformatorenbau wurden weitere Fortschritte durch Verbesserung der Kernbleche sowohl hinsichtlich der Verluste wie auch der Permeabilität und durch Verbesserung der Isolation erzielt, was bei gegebener Leistung Raum- und Gewichtseinsparung bedeutet [12, 13, 14, 15]. Besondere Beachtung fanden die Probleme der Stoßprüfung von Transformatoren, insbesondere der Ermittlung etwa hierbei aufgetretener Durchschläge [16]. Einen zusammenfassenden Bericht bringt Flegler [17].

Eingehende Untersuchungen wurden über organische Isolierstoffe im allgemeinen [18] und speziell über die Papierfaser durchgeführt [17], [19] und [20].

Eine Hartpapierkondensator-Durchführung für 400 kV und die mit einem so großen Stück verbundenen Probleme wie Erosion durch Entladungen an den Belegändern, Wärmekippen, Einflüsse von Feuchtigkeit und Temperatur usw. untersuchte Kappeler [21]. Harze als Bindemittel für Stoffungen von Porzellanisolatoren wurden von Datten [22] untersucht. Wie man Glasisolatoren durch entsprechende Wärmebehandlung noch weiter verbessern kann, zeigte Johnston [23]. So konnte die Zugfestigkeit durch Vergütung auf das 7fache und die elektrische Stoßfestigkeit auf das 3fache gesteigert werden. Lichtbogen-Schutzarmaturen besonderer Form für ein 110 kV-Netz wurden von A. Roggendorf beschrieben [24].

Das wegen seiner vorzüglichen Eigenschaften in der Gleichstrom-Meßtechnik herrschende Drehspulgerät wurde durch die Entwicklung neuer Magnetlegierungen weiter verbessert. So brachten die Legierungen Alni 250 und 400 eine Steigerung der Koerzitivkraft auf mehr als das zehnfache und damit eine Verkürzung der Magnettlänge. Dadurch wurde es möglich, vom Außenmagnet- zum Kernmagnetsystem überzugehen [25, 26, 27, 28, 29, 31, 42]. Die Kernmagnetsysteme, im Kriege für Sonderzwecke entwickelt, sind infolgedessen sehr stark vorgedrungen. Es gelang ferner, die bisher vom VDE vorgesehene größte Klassengenauigkeit von 0,2% auf 0,1 % zu verbessern und die Fremdfeldbeeinflussung herabzudrücken. Auch fand durch die Entwicklung der neuen Magnetstähle das aus der Anfangszeit

der Elektrotechnik bekannte Drehmagnet-Meßwerk seine Wiederauferstehung und zwar in einem robusten und einfach herzustellenden Gerät. An die Stelle der Magnettadel ist eine dünne Scheibe getreten. Wenn auch nach wie vor das Drehmagnetsystem dem Drehspulsystem in mancherlei Beziehung unterlegen ist, so findet es doch für Betriebsgeräte vielversprechende Anwendung. Es werden nicht nur Strommesser, sondern auch Quotientengeräte als Drehmagnetsysteme gebaut. An die Stelle des Richtmagneten tritt dann eine zweite Spule. Auch das Kernmagnetsystem ist für den Bau eines Quotientengerätes herangezogen worden [30]. Einen weiteren Fortschritt im Meßgerätebau brachte die Verbesserung der Spannbandaufhängung, die sich gegenüber der Spitzenlagerung in steigendem Maße durchgesetzt. Auch hier geht man einen an sich seit langem bekannten Weg, gaben doch schon Deprez und D'Arsonval in ihrem ersten Drehspulinstrument eine Spannbandaufhängung.

Gewissermaßen als ein Nebenprodukt bei der Entwicklung von Kontaktumformern entstand ein Kontaktumformern für Meßzwecke mit genau regelbarer Kontaktdauer und -phase, der Vektormesser. In zahlreichen Aufsätzen [32, 33, 34, 35, 36, 37, 38] zeigte F. Koppelman die universelle Anwendbarkeit dieses Präzisionsinstruments für die verschiedensten Aufgaben der Wechselstromtechnik.

Verbesserungen und Vereinfachungen der Zählerlage steigerten Leistungsfähigkeit und Genauigkeit [39, 40, 41]. Auch wurden die Zählereichmethoden durch lichtelektrische Abtastung vereinfacht bei wesentlich verkleinertem Zeitbedarf [27, 43, 44].

Gänger entwickelte ein neuartiges Hochspannungsvoltmeter für Absolutmessungen [45], ferner Greinache und Laporte weitere statische Spannungsmesser [46] und [47]. Die altbekannte Möglichkeit, die Leistung mit einem Quadrantelektrometer zu messen, wurde wieder angewendet.

Für Regelzwecke benötigt man vielfach Kontaktgabe an Meßgeräten ohne Rückwirkung auf das System. Nachdem Sell für diese Zwecke ein Düsenbolometer konstruiert hat [48], wurde neuerdings die Wärmestrahlung in einer Bolometeranordnung zur Kontaktgabe herangezogen [49]. Auch die lichtelektrische Abtastung wurde angewandt [27].

Die Verbesserung der Heißleiterlegierungen brachte Werkstoffe mit sehr hohem Temperaturkoeffizienten, wodurch die Empfindlichkeit in Strahlungsmeßgeräten erheblich gesteigert wurde. Leslie und Wait entwickelten ein Gerät zum Auffinden von Übertemperaturen an Klemmstellen u. dgl. bei Freileitungen mit Hilfe des Bolometers [54].

### Schrifttum

- [1] ETZ 70 (1949) S. 457.
- [2] ETZ 71 (1950) S. 453.
- [3] ETZ 70 (1949) S. 241.
- [4] ETZ 70 (1949) S. 519.
- [5] ETZ 70 (1949) S. 415.
- [6] ETZ 71 (1950) S. 247.
- [7] ETZ 71 (1950) S. 455.
- [8] ETZ 71 (1950) S. 462, Diskussion zu [7] und [8]: ETZ 71 (1950) S. 470 u. 688.
- [9] AEU 2 (1948) S. 272 u. AEU 3 (1949) S. 329.
- [10] ETZ 71 (1950) S. 41.
- [11] ETZ 71 (1950) S. 122.
- [12] ETZ 70 (1949) S. 269.
- [13] ETZ 70 (1949) S. 217.
- [14] ETZ 70 (1949) S. 522.
- [15] ETZ 70 (1949) S. 294.
- [16] ETZ 71 (1950) S. 660.
- [17] ETZ 70 (1949) S. 285.
- [18] ETZ 70 (1949) S. 360.
- [19] Frequenz 4 (1950) S. 167.
- [20] ETZ 71 (1950) S. 47.
- [21] ETZ 71 (1950) S. 122.
- [22] ETZ 71 (1950) S. 435.
- [23] ETZ 70 (1949) S. 370.
- [24] ETZ 71 (1950) S. 35.
- [25] Elektrotechnik, Bln., 4 (1950) S. 109.
- [26] ETZ 70 (1949) S. 457.
- [27] ETZ 71 (1950) S. 453.
- [28] Arch. techn. Messen J 720-1 (Sept. 1950).
- [29] Arch. techn. Messen J 721-4 (Juni 1948).
- [30] ETZ 71 (1950) S. 85.
- [31] VDE-Fachber. 12 (1948) S. 14.
- [32] ETZ 70 (1949) S. 61.
- [33] ETZ 70 (1949) S. 60.
- [34] Frequenz 2 (1948) S. 100.
- [35] ETZ 70 (1949) S. 125.
- [36] ETZ 70 (1949) S. 463.
- [37] ETZ 71 (1950) S. 592.
- [38] F. Koppelman: Die Meßtechnik des mechanischen Präzisionsgleichrichters Voltmeters. Selbstverlag AEG 1948.
- [39] ETZ 71 (1950) S. 729.
- [40] ETZ 70 (1949) S. 496.
- [41] Arch. techn. Messen J 720-1 (Sept. 1950).
- [42] Siemens-Z. 25 (1951) S. 15.
- [43] Electr. Engng. 69 (1950) S. 116.
- [44] Proc. Instn. electr. Engng. II (1950) S. 97.
- [45] ETZ 71 (1950) S. 70.
- [46] ETZ 71 (1950) S. 120.
- [47] ETZ 71 (1950) S. 95.
- [48] Arch. techn. Messen J 720-1 (Sept. 1950).
- [49] Arch. techn. Messen J 720-1 (Sept. 1950).
- [50] ETZ 71 (1950) S. 173.

\* Die ETZ-Schriftleitung will mit dieser Berichtreihe den früheren Brauch wieder aufgreifen, jährlich zur VDE-Tagung aus der Feder bekannter Fachleute einen kurzen Überblick über die Weiterentwicklung auf den verschiedenen Gebieten der Elektrotechnik zu geben. In diesem Heft wird im wesentlichen über die Jahre 1949 und 1950 berichtet.

## 2. Kraftwerke, Schaltanlagen und Leitungen

Von Fr. Stiegler, Dortmund

DK 621.311 : 621.315 : 621.316

Die steigenden Kohlenpreise haben dem Streben nach einer größeren Wirtschaftlichkeit des Energieumsatzes Kohle — Strom besonderen Nachdruck verliehen. Man sucht dieses Ziel außer durch eine Verbesserung des Wirkungsgrades der Kessel, Turbinen und Hilfseinrichtungen durch ein größeres Wärmegefälle des Arbeitsdampfes zu erreichen. Da aber die Erhöhung der Dampfüberhitzung auf über 525 °C den Einsatz austenitischer Stähle erfordert, die außerordentlich teuer sind und die Herstellung der Schweißverbindungen erschweren, wird die Zwischenüberhitzung des Dampfes bevorzugt.

Um die Leistung gut regeln zu können, wird dabei das Wärmegefälle auf 2 getrennte Maschinensätze, eine Vordampfmaschine und eine Nachschalt-Kondensationsmaschine, aufgeteilt. Die Wärmeaufnahme bei der Zwischenüberhitzung läßt sich steigern, wenn der Frischdampfdruck erhöht wird. So konnte im Gemeinschaftswerk Hattingen bei einem Kesselbetriebsdruck von 145 atü und 510 °C Überhitzung durch die Zwischenüberhitzung ein Wärmegefälle erreicht werden, das einem Dampfzustand von 145 atü und 630 °C ohne Zwischenüberhitzung entspricht. Hand in Hand mit der Vergrößerung der Kesselleistung geht das Bestreben, die Feuer-Querschnittsbelastung zu erhöhen.

Da mit der Verwendung des Hochdruckdampfes die Gefahr wächst, daß die Turbinen versalzen, werden an die Reinheit des Dampfes sehr hohe Anforderungen gestellt. Man verwendet daher einer einwandfreien Abdichtung der Kondensatorrohre und einem hochwertigem Zusatzdestillat der Verdampfer sein besonderes Augenmerk zu.

Die Baukosten sollen dadurch gesenkt werden, daß man große Kessel- und Turbineneinheiten wählt und diese Anlagenteile zu einem Block zusammenschaltet. Der Zwangslaufkessel gewinnt immer mehr an Bedeutung. Im Betrieb hat er u. a. den großen Vorzug, daß einzelne Rohre in wenigen Stunden während der Nacht ausgewechselt werden können, was bei den großen Durchmessern der Siederohre an Trommelkesseln nicht möglich ist. Die verschiedenen Ausführungsformen der mechanischen Rauchgasentstauber werden in mehreren Werken sowohl für Wanderrost als auch für Staubfeuerung praktisch erprobt. Die Armaturen werden in zunehmendem Maße in die Rohrleitungen eingeschweißt. Darüber hinaus wird neuerdings auch bei der Konstruktion der Armaturenkörper selbst von der Schweißtechnik weitgehend Gebrauch gemacht.

Der Aufbau der Hochspannungs-Schaltanlagen hat in den letzten Jahren einen gewissen Abschluß erreicht. Bei Spannungen bis 30 kV wird im allgemeinen der Innenraum-Bauweise der Vorzug gegeben; bei höheren Spannungen beherrscht die Freiluft-Bauweise das Feld, es sei denn, daß aus besonderen örtlichen und klimatischen Verhältnissen die Innenraum-Bauweise zweckmäßiger erscheint. Bei Anlagen unter 30 kV ist man von der mehrgeschossigen Bauweise, bei der die Sammelschiene in einem besonderen oberen Geschloß untergebracht ist, abgegangen. Schalter und Sammelschiene werden in ein Eisengerüst eingebaut, das frei in den Raum gestellt wird, wobei die einzelnen Felder durch Isolier-Zwischenwände voneinander getrennt sind.

In neuerer Zeit gewinnt — ausgehend von Amerika — die fabrikfertige stahlblechgekapselte Schrankanlage, besonders für Freiluftaufstellung, immer mehr an Interesse. Sie bietet nicht nur bei kleineren Ortsnetzstationen, sondern auch bei größeren Anlagen wirtschaftliche Vorteile, vor allem wenn spätere Erweiterungen beabsichtigt sind, für die das Gebäude von vornherein bemessen werden müßte.

Zur Zeit werden derartige stahlblechgekapselte Schrankanlagen für Betriebsspannungen bis zu 20 kV gebaut. Sie werden im Werk mit Hoch- und Niederspannungsgeräten ausgerüstet und fertiggestellt, so daß sie dann am Aufstellort nur noch zellenweise zu verbinden und an die Kabel an-

zuschließen sind. Die Bewährung dieser Bauweise hängt wesentlich von der Güte des Rostschutzes und der Tropfwassersicherheit ab; doch kann diese Frage als gelöst gelten, da man mit den Schaltschränken der Freiluftanlagen in dieser Beziehung genügend Erfahrungen gesammelt hat.

Bei Leistungsschaltern aller Spannungen wird das Öl immer mehr verdrängt. Der Ölarme und der Druckluftschalter sind die beiden Ausführungsarten, die in Deutschland fast ausschließlich verwandt werden. Mit dem Prinzip der Mehrfach-Unterbrechung lassen sich durch einfache Vermehrung der Schaltkammern und eine Verlängerung der Stützisolatoren einwandfreie Schalter für hohe Spannungen bauen. Dabei wird auf den außen eingebauten Reihentrennschalter verzichtet. Auf kürzeste Stromunterbrechungen wird mit Rücksicht auf die Kurzschluß-Fortschaltung, die sich auch in Deutschland immer mehr einführt, besonderer Wert gelegt.

Ein Versuch, den großen Flächenbedarf der Freiluftanlagen hoher Spannungen auch bei der Flachbauweise herunterzudrücken, gab Anlaß zur Entwicklung eines sogenannten Einpunkt-Scheren-Trennschalters, bei dem der Raumbedarf so weit verringert worden ist, daß der Schalter im Grundriß nur noch den Platz eines Stützisolators beansprucht. Das scherenförmig ausgebildete Trennmesser stellt die Verbindung her zwischen der Sammelschiene, die auf dem Trennschalter aufliegt, und der sie kreuzenden Leitung zum Leistungsschalter.

Die Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen VDE 0210 sind überarbeitet worden und tragen den Erfahrungen Rechnung, die es bei Eisenbahn-, Wasserstraßen- und Postkreuzungen geraten sein ließen, die zulässige Zugspannung der Leitungen zu erhöhen. Bei Straßen- und sonstigen Kreuzungen wird der Einbau verstärkter Tragmasten nicht mehr gefordert. Zur Eisenersparnis und damit zur besseren Wirtschaftlichkeit trägt wesentlich bei, daß die zulässige Beanspruchung der Gittermaste bei Verdrehung heraufgesetzt und die Knickzahlen geändert worden sind.

Der Vollkernisolator setzt sich gegenüber dem Kappenisolator immer mehr durch, soweit nicht dem Langstabisolator der Vorzug gegeben wird. Der Langstabisolator scheint sich auch bei Verschmutzung zu bewähren.

Für den Betrieb von Nieder- und Mittelspannungsnetzen gewinnt die Tonfrequenzsteuerung erhöhte Bedeutung, mit deren Hilfe sowohl die Belastung einzelner Abnehmer als auch ganzer Abnehmergruppen, zum Beispiel der Straßenbeleuchtung, beliebig gesteuert werden kann. Sie hat hauptsächlich in der Schweiz Eingang gefunden, wo in Zeiten geringer Wasserdarbietung eine straffe Steuerung und Rationierung des Verbrauchs seit jeher notwendig war.

Zur Entlastung des Mittelspannungsnetzes und zur Verbesserung der Spannungshaltung werden zunehmend Kondensatoren eingebaut. In Schweden ist jetzt die erste 220 kV-Reihen-kondensatoranlage in Betrieb genommen worden<sup>2</sup>. Man mißt diesen Reihen-kondensatoren große Bedeutung bei, da durch sie die Übertragungsleistung in besonders wirtschaftlicher Weise gesteigert werden kann.

Durch die beabsichtigte Eingliederung des deutschen in ein übergeordnetes europäisches Verbundnetz rückt der Zeitpunkt näher, an dem von 220 auf 400 kV übergegangen werden muß. Dabei sind zahlreiche Probleme<sup>3</sup> endgültig zu lösen, die bereits früher die deutschen Firmen beschäftigt haben. Von großer Bedeutung für den Betrieb des 400 kV-Netzes ist die Sternpunktfrage<sup>4</sup>. Es hat den Anschein, als ob bei 400 kV von der induktiven Erdung des Sternpunktes über Petersen-Spulen abgegangen werden muß, da die Korona-Verluste den Reststrom insbesondere bei schlechtem

<sup>2</sup> Reihen-kondensatoren und Bündelleiter im schwedischen Großkraftnetz. (Nach A. Rusek und B. Rathsmann: Rapport zur AJEE-Tagung August 1949 in San Francisco). ETZ 71 (1950) S. 497.

<sup>3</sup> J. Biermanns: Technische Probleme der 400 kV-Drehstromübertragung. ETZ 71 (1950) S. 455.

<sup>4</sup> W. v. Mangoldt: Gedanken zur Sternpunktbehandlung bei 300 kV-Drehstromübertragung. ETZ 71 (1950) S. 462.

<sup>1</sup> G. Meiners: Über Fragen des heutigen Schaltanlagenbaues. EG-Mitt. 4 (1951) H. 1/2.

Wetter derart anwachsen lassen, daß eine einwandfreie Erd-schlußblöschung nicht mehr gewährleistet ist.

Wenn im Vorstehenden auch nicht über grundlegende Neuerungen von weittragender Bedeutung berichtet werden

konnte, so ist doch festzustellen, daß in zielbewußter Arbeit mancherlei Fortschritte erzielt worden sind, die zur größeren Sicherheit und besseren Wirtschaftlichkeit der Stromversorgung beitragen.

### 3. Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter

Von F. Stier, Karlsruhe

DK 621.313

Im Transformatorenbau nimmt der Bau von Leistungstransformatoren für unsere weitverzweigten Stromverteilungsnetze die erste Stelle ein. In Europa hat sich der Dreiphasen-Kerntransformator mit der einfachen, kurzschlußsicheren Röhrenwicklung seit langem durchgesetzt. Der ebene Aufbau des Großleistungstransformators für Hochspannung wird gestört durch die mit steigender Leistung und Spannung anwachsende relative Streuspannung und die durch die Qualität der bisher zur Verfügung stehenden Bleche bedingte Grenze für die Kerninduktion von 15 000 G. Zwei hoffnungsvolle Entwicklungen scheinen geeignet, diese Schwierigkeiten zu vermindern: einmal die von der Firma BBC angewendete sog. Kabelisolierung [1], die auf die Ölkanäle zwischen Nieder- und Oberspannungswicklung verzichtet, so die Streuung wesentlich herabsetzt und damit den Übergang von der einfachen Röhrenwicklung auf die doppelt konzentrische Röhrenwicklung in das Gebiet der höheren Leistungen und Spannungen verschiebt, und die endlich, falls sich die Doppelröhrenwicklung nicht mehr vermeiden läßt, weniger Wicklungsraum beansprucht; zum anderen die Einführung der im Kaltwalzverfahren hergestellten Hyper-silbleche [2], die eine wesentlich höhere Permeabilität und geringere Eisenverluste besitzen, und die so eine Steigerung der Kerninduktion auf rd. 17 000 G erlauben. Bei der Verwendung dieser Bleche muß allerdings bedacht werden, daß sie eine Vorzugsrichtung besitzen und so den Konstrukteur zur Vermeidung der magnetischen Beanspruchung quer zur Walzrichtung vor neue Aufgaben stellen, zumal das neue Blech auch in der Fabrikation besonders behandelt werden muß. Diese neuen Bleche haben sogar die Firma ACEC veranlaßt, bei größeren Transformatorleistungen zum Manteltransformator [2] überzugehen, eine Konstruktion, die unter anderen Bedingungen vor vielen Jahren von SSW aufgegeben wurde. Für den Bau einphasiger Höchstspannungstransformatoren großer Leistung dürfte der von BBC gebaute Transformator mit Radialkern (eignet sich auch für stufenlos regelbare Löschspulen), der neben anderen Vorzügen eine geringe Jochhöhe aufweist, eine günstige Lösung darstellen [1]. Der Magnetisierungsstrom wird jedoch infolge der Stoßfugen größer als bei verschachtelten Transformatoren, und die Herstellung (z. B. das Anschweißen der Bleche an die Stirnplatte) verlangt eine sehr sorgfältige Werkstattarbeit. Die Methoden zur Auffindung von bei der Stoßprüfung entstandenen Fehlern [3] sind ebenfalls verbessert worden, so daß in einigen Jahren mit einer allgemeinen Einführung dieser Prüfung zu rechnen ist. Zu erwähnen wären auch noch neue Bergwerkstransformatoren mit Luftumlaufkühlung (SSW, Bergbau-Ausstellung Essen 1950), die Verbesserung der Sprunglastschalter durch Unterteilung der Kontakte und erzwungene Stromteilung (SSW) und ein neuer Schweißtransformator für 100 Hz und symmetrische Netzbelastung (AEG) [4].

Im Turbogeneratorenbau ist die europäische Praxis im Begriff, den Vorsprung der USA allmählich einzuholen. Der Wasserstoff ist infolge seiner geringen Gasreibungsverluste und infolge seiner hohen Kühlwertigkeit, zumal er auch die Auswirkungen des Glimmens mildert, ein geradezu ideales Kühlmedium, insbesondere für die schnelllaufenden Grenzleistungsmaschinen, bei denen früher die Luftreibungsverluste einen großen Anteil an den Gesamtverlusten ausmachten, und bei denen ja auch die Wärmeabfuhr zum Problem geworden ist. Es ist also verständlich, daß man die druckfeste Ausführung des Gehäuses, die notwendigen Abdichtungen und die Überwachung des Wasserstoffgehaltes (98%) während des Betriebes in Kauf nimmt. BBC und SSW haben eine große Anzahl von wasserstoffgekühlten Turbogenera-

toren für 3000 U/min im Bau bis zu einer Nennleistung von 145 MVA. Die Grenzleistung liegt etwa bei 200 MVA. Neue Kühlmethoden befinden sich wieder im Entwicklungsstadium, so die Wasserkühlung von Turborotoren [5] und die Ölkühlung von Turbostatoren (Fechheimer) und als Neueste die Dampfkühlung der ganzen Maschine [6].

Die Wasserkraftgeneratoren großer Leistung, deren Pole früher vielfach noch aus Stahlguß ausgeführt wurden, werden nun allgemein für größere Durchmesser (>4,8 m) als Blechkettenläufer hergestellt. Diese Blechketten bestehen aus 2...6 mm starken Stahlblechsegmenten, die über einige Pole erstrecken und miteinander verschraubt sind. Die Blechkette bildet einen geschlossenen, die entstehenden Fliehkräfte aufnehmenden Ring, der mit mehr oder weniger Vorspannung auf dem Armstern aufliegt und durch Keile geführt wird [7]. Die zulässigen mechanischen Beanspruchungen konnten erhöht werden [8].

Von den Induktionsmotoren ist zu berichten, daß, abgesehen von Sonderfällen, die langsam laufenden Induktionsmotoren infolge ihres schlechten Leistungsfaktors zum Aussterben verurteilt sind und durch die selbstanlaufenden Synchronmotoren ersetzt werden.

Eine neue Verwendung fand die Induktionsmaschine als polumschaltbarer selbsterregter Generator (mit Kondensatoren) im sog. Gyrobuss, der die kinetische Energie eines Kreisel in elektrische Energie umformt, wobei nach einer 10 min Fahrt der mit der Induktionsmaschine gekuppelte Kreisel an Drehstrom-Anschlußstellen wieder hochgefahren werden muß [9].

Auf dem Gebiete der Gleichstrommaschinen ist wohl als größter Erfolg der Nachkriegszeit die allmähliche Einführung der Zweifach-Schleifenwicklung zu verzeichnen. Diese Entwicklung wurde bereits im Kriege durch Dr. Tritschler, SSW, eingeleitet, sie führte zu einer Verdoppelung der Grenzleistung der Gleichstrommaschine. Immer mehr kommen die Verstärkermaschinen zur Verwendung. In ihrer Hilfe soll eine möglichst kleine Steuerleistung erreicht werden, die die Anwendung von Differenzschaltungen und kleinster selbsttätiger Regler oder Handregler ermöglicht. Bereits während des Krieges wurde die Querschlittenmaschine von Rosenberg, jedoch mit Kompensationswicklung, als Ausgangskreis, unter dem Namen Amplidyne verwendet. Dann erschien vor allem im ausländischen Schrifttum die bekannte Krämermaschine, die zur Regelung irgendeiner Größe mit dem Namen Rototrol eingesetzt wurde. Eine neue Art von Verstärkermaschinen, die in Deutschland von Schmutz, in den USA von der Firma Westinghouse angegeben wurde, besteht in einer an sich normalen, mindestens 4poligen Gleichstrommaschine mit Schleifenwicklung ohne Ausgleichsleitung, bei der durch die Erregung der ersten Stufe eine Spannungsdifferenz zwischen den gleichnamigen Bürsten erzeugt und für die Erregung der zweiten Stufe verwendet wird. Amplidyne und das zweistufige Rototrol ermöglichen große Verstärkung bei kleiner Verzerrung.

Beim Einphasenbahnmotor, der neuerdings in verschiedenen Versuchsausführungen wieder für 50 Hz hergestellt wird, wurde von P. Müller und von der Firma Oerlikon ebenfalls die Zweifachschleifenwicklung verwendet. Wesentliche über die Bemessung ist in der Literatur nicht zu finden. Gegenüber dem Motor mit einfacher Schleifenwicklung muß die Überdeckung vergrößert, die Transformationspannung zwischen zwei Lamellen herabgesetzt und die Lamellenteilung verkleinert werden, wenn man Rückschlüsse vermeiden will. Es ist bedenklich, wenn die Weiterentwicklung nur auf den Prüffeldergebnissen und einer einzelnen

Versuchslokomotive basieren soll. Die maximale Kommutatorumfangsgeschwindigkeit sollte 50 m/s nicht übersteigen.

Der Bau von Drehstrom-Kommutatormaschinen, der in Deutschland rund 5 Jahre unterbrochen worden ist, setzt wieder ein, wobei der läufergespeiste Drehstrom-Nebenschlußmotor am häufigsten vertreten ist (auch in den USA bemerkt man Anzeichen für die Aufnahme der Fabrikation von Drehstrom-Kommutatormaschinen).

Der statische Starkstromkondensator wird als Erzeuger induktiver Blindleistung immer mehr angewendet, nicht zuletzt wegen seiner Anspruchslosigkeit, seiner geringen Verluste ( $1/2\%$  der Nennleistung) und seines niedrigen Preises (ab 380 V und ab 5 kVA rd. 40.— DM/kVA).

Die Entwicklung der Kondensatoren ist noch nicht ganz einheitlich. Es scheint jedoch, daß nach der anfänglichen Erhöhung der Leistung pro Kondensatoreinheit eine rückläufige Bewegung zum Einheitskondensator kleiner Leistung einsetzt, SSW, AEG u. a. m. Die SSW, die diesen Weg gewiesen haben, bauen eine größte Einheitsleistung von 50 kVA für eine höchste Spannung Wickel gegen Kasten von 6 kV, wobei der Kondensator mit Clophen, einem nicht brennbaren Medium hoher Dielektrizitätskonstante, gefüllt ist und ein Gewicht pro Leistungseinheit von nur 2 kg/kVA aufweist. Anlagen für größere Leistungen und höhere Spannungen werden unter Verwendung von Stützern aus den Einheitskondensatoren zusammengesetzt [11].

In diesem Zusammenhang soll die Entwicklung des Metallpapierkondensators (MPK) der Firma Bosch erwähnt werden, der, ursprünglich mehr für Rundfunkzwecke gebaut, nunmehr auch als Starkstromkondensator angeboten und verwendet wird. Die Beanspruchung des Dielektrikums kann bei dieser Bauart höher getrieben werden und man kommt mit einer geringen Anzahl von Papierschichten aus, da der MPK seine Fehler selbst ausbrennt. Dadurch wird das Ansteigen des Preises beim Übergang auf 220 V, wie bei den normalen Kondensatoren, vermieden. Andererseits muß der Kondensator infolge der mit der höheren Beanspruchung angestiegenen Verluste mit Rippen ausgeführt werden und wird z. T. sogar schwerer. Seine Fähigkeit, die Fehler selbst auszuheilen, soll so groß sein, daß ein Kondensator auch nach dem Durchtreiben eines Nagels durch sämtliche Folien noch betriebsfähig bleibt [12].

Über die Glasgleichrichter ist nichts Neues zu berichten. Der Bau der Stromrichter in Eisengefäßen ist gekennzeichnet durch die Entwicklung vom vielanodigen Stromrichter mit Vakuumpumpe zum einanodigen pumpenlosen Eisengleichrichter [13]. Dieser Einheitsstromrichter ist für einen Strom von 400... 500 A und für eine Spannung bis max. 800 V ausgelegt. Für höhere Spannungen muß die Stromstärke herabgesetzt werden. Die Vorteile des einanodigen pumpen-

losen Eisengleichrichters gegenüber dem vielanodigen mit Pumpe sind etwa folgende: 1. die Lichtbogenspannung ist niedriger und damit der Wirkungsgrad höher, 2. einfache Unterhaltung und Reservehaltung, da die einzelnen Gefäße leicht ausgewechselt werden können, ohne die übrigen Einheiten einer größeren Gruppe zu beeinflussen, 3. bessere Eignung für die Massenerstellung, weil eine weit größere Anzahl kleinerer gleichartiger Stücke in der Fabrikation anfallen, 4. die Anzahl der herzustellenden Typen ist geringer, weil höhere Leistungen durch Erhöhung der Zahl der Gefäße pro Gruppe erreicht werden können, 5. einfache Bedienung, da die Vakuumpumpen entfallen, 6. geringere Anlagekosten, da Material- und Raumbedarf geringer sind.

Im Gegensatz zur amerikanischen Praxis haben sich die mit Thyatronen gesteuerten Motoren in Deutschland nur wenig eingeführt. Wahrscheinlich hängt das mit der zu geringen Garantie-Brennstundenzahl der europäischen Röhren und dem großen Schaltaufwand zusammen. Außerdem lassen sich viele Antriebsprobleme ebenso gut mit dem bewährten und betriebssicheren läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotor lösen. Die Theorie der Sperrschichtgleichrichter [14] wurde ausgebaut und vor allem der Selengleichrichter [15] verbessert unter Erhöhung der Sperrspannung auf 20 V eff. und des Wirkungsgrades auf 87%, während der Kupferoxydulgleichrichter besonders in der Niederfrequenzmeßtechnik und neuerdings der Germaniumgleichrichter in der Hochfrequenztechnik verwendet werden.

#### Schrifttum

- [1] P. Waldvogel: Evolution et tendances actuelles dans la construction des transformateurs de grand puissance. Bull. sci. A. J. M. Liège 62 (1949) S. 385. Ref. ETZ 70 (1949) S. 522.
- [2] H. B. Chevalier: Orientation nouvelle de la construction des gros transformateurs de puissance. Bull. sci. A. J. M. Liège 61 (1948) S. 463. Ref. ETZ 70 (1949) S. 269.
- [3] R. Elsner: Neuere Methoden der Fehlermeldung bei der Stoßprüfung von Transformatoren. VDE-Fachberichte 13 (1949) S. 7.
- [4] W. Krämer: Ein neuer Schweißtransformator mit Frequenzwandlung und symmetrischer Netzbelastung. ETZ 71 (1950) S. 185.
- [5] C. J. Fechheimer: Liquid Cooling of A-C-Turbine-Generators, Part II. Techn. Paper 50—28, Dez. 1949.
- [6] T. De Koning: Vaporization Cooling of Electric Machines. Electr. Engng. 68 (1949) S. 385.
- [7] E. M. Johnson u. C. P. Holder: The design of large vertical-shaft-water-turbine-driven A. C. generators, Part. II. Electr. Engng. 95 (1948) S. 757.
- [8] Günthardt: Die Bemessung großer Wasserkraftgeneratoren. BBC-Mitt. 1949, S. 232. Ref. ETZ 71 (1950) S. 248.
- [9] Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 42 (1951) S. 113.
- [10] A. M. Liwshitz: Das mehrstufige Rotolot. AIEE Techn. Paper 47—96, Dez. 1946.
- [11] F. Liebscher: Fortschritte im Bau von Starkstromkondensatoren. Nicht veröffentlichter Vortrag 1943.
- [12] H. Sträß: Der Metallpapier-Kondensator. ETZ 70 (1949) S. 287.
- [13] Mercury arc power converters in North America. AIEE Techn. Paper 48—188, Apr. 1948.
- [14] F. Brunke: Moderne Selengleichrichter. ETZ 70 (1949) S. 161.
- [15] A. Güntherschulze: Der heutige Stand der Sperrschichtgleichrichter. ETZ 71 (1950) S. 414.

#### 4. Nachrichtentechnik\*

Von R. Feldtkeller, Stuttgart

DK 621.38/39

##### a) Theorie des Nachrichteninhaltes.

Der Ausbau des Welt-Nachrichtennetzes verlangt eine grundlegende Klärung der Zusammenhänge zwischen dem Inhalt einer „Nachricht“, ihrer Form als Sprache, Schrift, Bild usw. und der Beeinträchtigung des Inhaltes durch Störungen der Übertragung. Die Untersuchungen in dieser Richtung beginnen beim Phänomen des Sprechens und des Hörens, betreffen z. T. vor allem den Begriff der Codierung und bedienen sich besonderer mathematischer Methoden aus der Theorie der Dualzahlen und der nichtperiodischen Funktionen. Teilziel ist die Angabe der exakten Kapazität eines Übertragungskanal für eine ungeminderte Übertragung des Nachrichteninhaltes. Hiermit gelingt ein wichtiger Vergleich der verschiedenen Modulationsverfahren. Man studiert die Möglichkeiten, die Sprachlaute über einen Kanal zu übertragen, dessen Frequenzbandbreite wesentlich schmaler ist, als es dem Frequenzband von 4000 Hz Breite entspricht, das die Sprachlaute von Hause aus einnehmen,

und man studiert andererseits, nach welchem Verfahren man unter Erweiterung des benützten Frequenzbandes die Sprache am besten über eine durch thermisches Rauschen oder atmosphärisches Rauschen gestörte Strecke hinwegbringt.

##### b) Fernsprech-Apparatechnik.

Die Teile geringster Qualität des Fernsprechnetzes sind noch immer das Kohlemikrofon und das elektromagnetische Telephon der normalen Telephonapparate. Über gewisse, aber nicht grundsätzliche Verbesserungen wurde in ausländischen Aufsätzen berichtet. Die Bundespost führt objektive Bezugsdämpfungsmesser ein, mit denen sie bei der Abnahme und durch häufige Überwachung während des Benützens die großen Streuungen der Qualität ihrer Telephonapparate stark einengen will.

##### c) Fernsprech-Vermittlungstechnik.

Die deutschen Firmen haben in Zusammenarbeit mit der Bundespost für die Ortsämter das bisherige System 40 zu einem System 50 weiterentwickelt, das die Möglichkeit der Fernaufschaltung, des Nachrufens bei Fernverbindungen und der Fernbesetztkennzeichnung enthält.

\* Die meisten der erwähnten Fortschritte sind im Band 1950 der Fernmeldetechnischen Zeitschrift in Aufsätzen und Referaten ausführlich beschrieben.

Die deutsche Selbstanschlußtechnik bediente sich weiter der Wähler und Motorwähler. Im Auslande wurde versucht, mit Schaltern, die nach Art eines Kreuzschienenverteilers angeordnet sind, weiterzukommen und mechanische Schalter durch elektronische zu ersetzen. Man erwartet hiervon eine Verkürzung der Zeiten, die zum Aufbau der Verbindung erforderlich sind.

Die stärkste Entwicklungsarbeit wurde im Berichtsjahr auf dem Gebiete des Fernwählverkehrs geleistet. Man möchte auch in Deutschland eine Landesfernwahl einführen, sobald der Ausbau des Trägerfrequenz-Fernkabelnetzes genügend weit fortgeschritten ist. Dies erfordert gründliche Studien über die klassische Direktwahltechnik und über andere Lösungen, die in der Ortsamttechnik die direkte Wahl beibehalten, in der Fernwahltechnik aber die Wahlimpulse speichern und umcodieren. Diese Studien mit den zugehörigen Versuchen sind noch nicht abgeschlossen. Sie umfassen auch die Tonfrequenzfernwahl, deren Unempfindlichkeit gegen Sprechströme neu geprüft werden mußte.

Die Deutsche Bundesbahn, die innerhalb ihres Dienstbereiches die Fernwahl bereits seit längerer Zeit eingeführt hat, ist bereits zur vierdrähtigen Durchschaltung der Verbindungen in den Vermittlungseinrichtungen übergegangen.

#### d) Drahtübertragung.

Zwischen Frankfurt a. M. und Mannheim errichtete die Deutsche Bundespost eine Versuchsanlage, die auf 24-paarigen symmetrischen Kabeln 60 Trägerfrequenzgespräche je Aderpaar, insgesamt also 1440 Sprechkanäle, zu übertragen gestattet. Übertragen wird jeweils das Frequenzband von 300 ... 3400 Hz. Für jede Gesprächsrichtung ist ein besonderes Kabel vorgesehen.

Neuartige Kanal-Bandpässe wurden gebaut, bei deren Berechnung die Verluste in den Spulen berücksichtigt werden konnten.

Zwischen Key West und Havanna wurde ein 200 km langes Seekabel mit 3 Unterwasserverstärkern in Betrieb genommen. Es wird mit 24 Trägerfrequenz-Fernsprechkanälen und mit 12 schmalen Telegraphiekanälen ausgenutzt.

Die koaxialen Kabel nach CCIF (2,6/9,4 mm) werden neuerdings in Westeuropa bis zu Frequenzen von 4 MHz ausgenutzt, so daß sie 960 Fernsprechkanäle übertragen können.

In USA wurden an das Fernseh-Übertragungsnetz, das aus koaxialen Kabeln besteht, 14 neue Städte angeschlossen. Das Netz umfaßt jetzt 50 Städte, in denen Fernsehsender stehen.

Prof. Georg Goubau erregte Drahtwellen längs eines einzigen isolierten Leiters. Die Dämpfung eines solchen Drahtwellenleiters ist geringer als die Dämpfung auf koaxialen Leitungen oder in Hohlleitern vom zehn- bis zwanzigfachen Durchmesser.

#### e) Fernschreibtechnik.

Das Schwergewicht der Arbeit lag im Jahre 1950 auf dem Ausbau der Fernschreibnetze. Die Teilnehmerzahl des deutschen Fernschreibnetzes ist wieder von 2500 auf 4000 gestiegen. Hierfür wurden die vorhandenen Vermittlungsämter erweitert und neue Ämter errichtet. Das gewählte Vermittlungssystem hat sich gut bewährt.

Ein neuer Streifenschreiber, System Butzke-Lölkes, wurde entwickelt. Er zeichnet sich durch besonders kleine und übersichtliche Bauweise aus. Zum Abdruck der Zeichen wird ein Typenrad benutzt.

In der Fernschreib-Meßtechnik führen sich rein elektrisch wirkende Geräte mehr und mehr ein. Verstärkerröhren steuern die zeitlichen Vorgänge durch Kippschwingungen.

Für den Verkehr der europäischen Fernschreibteilnehmer mit den Teilnehmern in USA, die an das Netz der RCA angeschlossen sind, ist eine Funkverbindung Holland—New York geschaffen worden. Ihre Empfangsgeräte prüfen jedes aus 7 Stromschritten bestehende Zeichen und unterbrechen die Weitergabe unter steter Wiederholung solange, bis gewisse Prüfbedingungen erfüllt und die Zeichen richtig empfangen werden. Hierdurch ist fehlerfreier Fernschreibbetrieb möglich.

#### f) Rundfunk.

Die Fortschritte der Rundfunktechnik im Jahre 1950 stehen mit dem Inkrafttreten des Kopenhagener Wellenplanes in engem Zusammenhang. Richtantennen wurden für Sender entworfen, die auf mehrfach belegten Wellen arbeiten müssen. Sie sollen demnächst in Betrieb genommen werden.

Nach umfangreichen Ausbreitungsmessungen wurde ein deutsches UKW-Sender-Netz mit Frequenzmodulation (Trägerfrequenzen zwischen 80 und 100 MHz, Frequenzhub maximal 75 kHz) geplant und teilweise errichtet. Die aufgestellten 10 kW-Sender haben sich bewährt.

Diese Sender konnten mit ihren Studios nicht immer durch Kabel verbunden werden. Man entwickelte Ball-Empfänger zur drahtlosen Verbindung zwischen Sender und Studio mit hoher Selektivität, Empfindlichkeit und Rauschfreiheit.

Die dynamischen Verzerrungen frequenzmodulierter Zeichen in den Bandpässen der Hochfrequenzverstärker und der Schwingungskreisen der Diskriminatoren wurden studiert.

Der technische Stand der UKW-FM-Rundfunkempfänger befriedigt. Die zuerst angebotenen Pendelrückkopplungsempfänger wurden von rauschfreieren Geräten abgelöst. Die modernen Empfänger enthalten für den UKW-Empfang einen Verhältnis-Detektor mit Röhren neuerer Bauart. Sie sind trotz des zusätzlichen Aufwandes und trotz wesentlicher Verbesserung des NF-Teiles kaum teurer als die AM-Empfänger vor dem Kriege. Als Antennen werden Hochantennen mit Faltdipolen verwendet. Für ihre Verbindung mit den Empfängern sind besondere symmetrische Doppelleitungen hohen Wellenwiderstandes entwickelt und im Handel.

Der UKW-FM-Empfang ist praktisch frei von atmosphärischen Störungen. Er wird allein durch die Zündkerzen der Kraftfahrzeuge gestört. Die Wege zu ihrer Entstörung werden studiert.

Die Studioeinrichtungen wurden auf einen Stand gebracht, der der durch die UKW-FM-Sende- und Empfangstechnik möglichen Qualität entspricht. Die obere Frequenzgrenze des Übertragungsbereiches wurde auf 15 kHz gehoben, Rauschspannungen, Brummspannungen und nichtlineare Verzerrungen wurden herabgesetzt.

Die Hörbarkeit quadratischer und kubischer nichtlinearer Verzerrungen wurde sorgfältig im ganzen Bereich der Hörfläche des menschlichen Ohres studiert.

Beträchtliche Entwicklungsarbeit erforderte die Verbesserung der Mikrophone und Lautsprecher und der Schallaufzeichnungsgeräte. Der Frequenzbereich der Kondensatormikrophone wurde durch Verkleinerung ihrer Abmessungen erweitert. Gleichzeitig wurde das Eigenrauschen vermindert. Bei den Studiolautsprechern wurde der Frequenzgang und die Richtcharakteristik verbessert, die nichtlinearen Verzerrungen und die Einschwingvorgänge wurden erheblich verringert. Mit diesen neuen Wandlern wurden bisher verborgene Mängel in der Akustik der Studio- und Requiräume erkannt. Das Magnettonverfahren, das zur Schallaufzeichnung bevorzugt verwendet wird, konnte ebenfalls verbessert werden: das Ruhegeräusch wurde durch exakte Symmetrie der HF-Vormagnetisierung herabgesetzt, die Echoerscheinungen wurden durch neue Tonträger und durch magnetische Vorbehandlung vor dem Abspielen vermindert.

#### g) Antennen.

In der Theorie der Antennen gelang die strenge Berechnung der Dipolantennen mit Kreiszylindergestalt. Die nach dem Kriege in Deutschland gebauten Senderantennen für das Gebiet der Langwellen und der Mittelwellen wurden beschrieben, ebenso Kurzwellenantennen mit steuerbarer Richtcharakteristik. Für Meterwellen und Dezimeterwellen wurden Breitband-Dipolantennen entwickelt und durchgemessen. Über Schlitzantennen für Zentimeterwellen wurde eine grundsätzliche theoretische Studie veröffentlicht.

#### h) Wellen.

Auf dem Gebiet der Wellen in Hohlleitern wurde das Problem des Leistungstransportes beim Zusammenwirken mehrerer Wellentypen studiert. Dämpfungsglieder im Zellenbau von Hohlleitungen wurden entwickelt, die Anwendung der Methoden der Vierpoltheorie auf Hohlleiter erweitert.



Die Frage, ob eine Zenneckwelle existiert oder nicht, wurde studiert, aber nicht einheitlich geklärt. In vielen Arbeiten wurde über den Einfluß der Ionosphäre auf die Ausbreitung drahtloser Wellen berichtet. Besonders interessante der für die Ultrakurzwellen und Mikrowellen wichtige Einfluß der Troposphäre, der weitgehend geklärt werden konnte. Neue Fragen stellten die Überreichweiten der Wellen der UKW-FM-Sender, besonders hinsichtlich der zeitlichen und geographischen Statistik.

#### i) Drahtlose Strecken.

Deutschland ist an das Oberseefunknetz in Frankfurt a. M. für den Dienst nach Nordamerika und in Hamburg für den Dienst nach Südamerika angeschlossen. 1949 wurden 50 000 Gespräche und 300 000 Telegramme übertragen. Die Verbindungen arbeiten mit Frequenzen zwischen 5 und 30 MHz. Die Leistung der Sender beträgt 20 kW, sie arbeiten im Einseitenbandverfahren auf Rhombus-Richtantennen.

Zwischen Berlin und dem Harz wurden 12-Kanal-Richtfunkverbindungen mit Frequenzmodulation im Frequenzband von 41 bis 68 MHz eingerichtet. Die Verbindungen arbeiten zufriedenstellend, obwohl teilweise 75% der Strecke unterhalb des optischen Horizontes liegen.

Zwischen dem Münchener Werk der Siemens & Halske AG. und dem Deutschen Museum wurde eine Versuchsverbindung mit 12 Kanälen, die mit Pulsphasenmodulation im Frequenzband von 2500 MHz arbeitet, eingerichtet und in vollem Wählverkehr mit dem Münchener Stadtnetz verbunden. Sie ist seit fast einem Jahr ohne Beanstandungen in Betrieb.

Der Polizeifunk-Sprechverkehr im Frequenzband von 45 MHz und von 80 MHz wurde in vielen Großstädten Deutschlands errichtet.

Die Fernsehsender wurden in zunehmendem Maße mit ihren Studios über Zentimeterwellen-Relaisstrecken verbunden. Weitverbindungen wurden mit längeren Zentimeterwellen betrieben, die an den Relaisstrecken ohne Demodulation, nur mit Trägerfrequenzumsetzung, verstärkt werden. Die kurzen Verbindungen mit wenigen Streckenabschnitten arbeiten auf kurzen Zentimeterwellen mit Demodulation und erneuter Modulation. In Deutschland sind Fernseh-Übertragungs-Verbindungen Hamburg—Köln und Köln—Frankfurt a. M. in Entwicklung.

#### j) Fernsehen.

Das Schwarz-Weiß-Fernsehen (30 Bilder/s, 525 Zeilen) setzt in den USA seinen schnellen Aufschwung fort. Im Jahre 1950 wurden mehr als 7 Millionen Empfänger gebaut, so daß Ende 1950 mehr als 11 Millionen Empfänger benutzt werden. Damit haben 40% der Haushaltungen, die in Gebieten wohnen, in denen Fernsehempfang möglich ist, einen Fernsehempfänger. Diese Gebiete werden von etwa 200 Sendern versorgt.

Die Bildröhren werden immer größer. Die Rechteckröhre herrscht vor, sie bekommt einen Metallkonus. Man baut Röhren für 60 cm breite Bilder und bereitet noch größere Röhren vor. Der Kontrast und die Helligkeit der Bilder wurde gesteigert.

In England erhöht sich die Teilnehmerzahl monatlich um rund 50 000, die modernen Geräte haben ebenfalls Rechteckröhren.

Frankreich leidet unter der unklaren Situation zweier verschiedener Normen. Die Untergruppe des CCIR hat sich für 25 Bilder/s, 625 Zeilen entschieden. Mit Deutschland haben sich ihr die meisten europäischen Länder angeschlossen. Sie wird auch in Ostdeutschland benutzt werden.

In Deutschland ist der Versuchsbetrieb mit einem Sender in Hamburg aufgenommen worden. Verschiedene Firmen erproben mit ihm ihre Empfänger.

In USA herrscht regste Entwicklungstätigkeit auf dem Farbfernsehen. Neue Geräte haben das synchron rotierende Farbfilter verlassen und arbeiten mit rein elektronischem Farbfernsehen. Entwicklungsziel ist ein System, das das Farbbild in den heute zur Verfügung stehenden Frequenzbändern unterbringt und seinen Empfang mit den vorhandenen Geräten als Schwarz-Weiß-Bild ermöglicht.

#### k) Senderöhren.

Leistung und obere Frequenzgrenze der gittergesteuerten Senderöhren wurden weiter gesteigert. Für längere Wellen schuf man wassergekühlte Röhren mit 500 kW Nutzleistung bei nur 1 kW Steuerleistungsbedarf. Für die UKW-FM-Rundfunksender, die mit Frequenzen bei 100 MHz arbeiten und 10 kW Nutzleistung haben, werden auch in Deutschland komplette Röhrenserien fabriziert. In USA erzielt man mit einer wassergekühlten Röhre 50 kW Nutzleistung bei 100 MHz.

#### l) Empfänger- und Verstärkeröhren.

Für Rundfunkempfänger und für Verstärker werden auch in Deutschland sockellose Miniaturröhren gebaut. Neben den Röhren mit den bisher üblichen Steilheiten werden für UKW-Empfänger und für Fernsehverstärker Spezialröhren gebaut, mit denen man Bandbreiten bis zu 30 MHz verstärken kann. Durch besonders stabile Ausbildung der Systeme konnten die Klingeigenschaften (Mikrophoneffekt) wesentlich verbessert werden.

#### m) Dezimeterwellen-Röhren.

Mit Travelling-Wave-Röhren wurde bei 500 MHz (60 cm) eine Leistung von 1,2 kW mit 30% Wirkungsgrad und zwanzigfacher Verstärkung, bei 5000 MHz (6 cm) eine Leistung von 100 W mit 5% Wirkungsgrad und ebenfalls zwanzigfacher Verstärkung erzielt. Auf dem Markt ist als erste Travelling-Wave-Röhre eine Röhre erschienen, die bei 5000 MHz eine Nutzleistung von 10 W bei 7% Wirkungsgrad liefert und eine hundertfache Verstärkung hat.

Das Travelling-Wave-Magnetron ermöglicht höhere Wirkungsgrade. Man hat bei 1300 MHz eine Leistung von 200 W mit 40% Wirkungsgrad und dreißigfacher Verstärkung erreicht.

Eine Scheibentriode mit nur 14  $\mu$  Abstand zwischen Gitter und Kathode hat bei 5000 MHz eine gute Verstärkung, eine Nutzleistung von einigen Watt und ermöglicht den Bau von rauschärmeren Breitbandempfängern.

#### n) Halbleiter.

Kristalldioden (Silizium, Germanium) werden auch in Deutschland hergestellt. Sie vertragen Sperrspannungen bis zu 80 V. Sie werden schon in Rundfunk- und Fernsehempfängern verwendet und zunehmend in der Fernsprechtechnik und der Meßtechnik angewendet. Durch Vertiefung der physikalischen und technischen Erkenntnisse über das Wesen der Halbleiter und ihrer Sperrschichten wurde die Voraussetzung für eine sichere Herstellung großer Stückzahlen geschaffen.

Kristallverstärker (Transistoren) werden noch nicht in großen Stückzahlen hergestellt; Versuche mit ihnen in Frankreich hatten gute Ergebnisse. Forschung und Entwicklung dieses Gebietes sind noch voll in Fluß. Der Bau von Kristallverstärkern aus Bleisulfid ist ebenfalls gelungen.

Als Photozelle hoher Empfindlichkeit und geringer Trägheit ist der Phototransistor geschaffen worden, er ist für sichtbares und ultrarotes Licht empfindlich, seine empfindliche Oberfläche hat einen Durchmesser von nur 0,2 mm.

#### o) Magnetische und elektrische Werkstoffe.

Mit Mangan-Zink-Ferriten und mit Nickel-Zink-Ferriten erreicht man Permeabilitäten von einigen Tausend. Die Permeabilität ist stark von der Feldstärke und der Temperatur abhängig. Die Gründe für den Abfall der Permeabilität bei sehr hohen Frequenzen sind noch nicht voll aufgeklärt. Als geschlossene Kerne mit Luftspalt und als offene Kerne finden sie Eingang in die Technik der Bandfilter im Frequenzgebiet von 1 kHz bis 10 MHz und darüber.

Seignettesalz und gewisse Titanverbindungen, besonders Bariumtitanat, bezeichnet man als Ferroelektrika. Sie haben hohe Dielektrizitätskonstanten; Werte über 1000  $\epsilon_0$  sind erreicht. Sie werden in Kleinkondensatoren verwendet. Auch bei ihnen stört die Abhängigkeit von der Feldstärke und der Temperatur.

Keramische Körper aus Barium-Titanat, die im elektrischen Feld polarisiert sind, bekommen piezoelektrische Eigenschaften. Man kann sie deshalb als elektromechanische Wandler verwenden. Ihre Eigenschaften als Ultraschallsender und Ultraschallempfänger werden noch studiert,

## 5. Industrielle Anwendungen

Von L. Lebrecht, Darmstadt

DK 621.312

Die Anwendung des elektrischen Stromes in der Industrie ist so vielgestaltig, daß es unmöglich ist, auf dem hier zur Verfügung stehenden Raum alle fortschrittlichen Entwicklungen zu erwähnen. Es kann sich deshalb nur darum handeln, einige charakteristische Entwicklungslinien aufzuzeigen.

Die Antriebstechnik hat ihr immer gleichbleibendes Ziel, die Qualität der Arbeit zu verbessern und die Wirtschaftlichkeit zu steigern, auch in den letzten Jahren verfolgt.

Über den Entwicklungsstand der Leistungsstromrichter wurde in der ETZ<sup>1</sup> berichtet. Ergänzend ist hinzuzufügen, daß die Stromrichtertechnik in den letzten Jahren in zahlreiche industrielle Anwendungen neu eindringt.

Der gittergesteuerte Stromrichter größerer Leistung mit flüssiger Kathode hat schon vor längerer Zeit einigen Großantrieben (Gebläsen, Walzenzugmotoren u. dgl.) neue technische und wirtschaftliche Möglichkeiten geboten. Dieser technische Weg wird auch in jüngster Zeit mit fortschrittlichen Lösungen, beispielsweise bei stromrichterergespeisten Umkehrstraßen, fortgesetzt. Besonders aber wurden mit den Mitteln der Stromrichtertechnik neuerdings auch für kleine Leistungen Regelaufgaben der Antriebstechnik gelöst, die bisher dem Leonardantrieb oder Drehstromkommutatormotor vorbehalten oder wirtschaftlich überhaupt nicht lösbar waren. Zwischen das Drehstromnetz und den Gleichstrommotor bis etwa 20 kW tritt ein Steuer- und Regelgerät, meist mit gittergesteuerten Glühkathodenröhren bestückt, durch welches Regelbereiche bis 1:60 bei genauer Einhaltung einer gewählten Drehzahl zwischen Leerlauf und Vollast erreichbar sind. Die Geräte lassen getrennte Vorwahl von Vor- und Rücklaufdrehzahlen zu und ermöglichen direkte Einschaltung jeder Drehzahl, begrenzen also selbsttätig den Anlaufstrom. Sie ermöglichen selbsttätiges Bremsen, Herunterregeln, Stillsetzen und Umkehren der Motoren. Sie lassen die Begrenzung des Betriebsmomentes auf einen einstellbaren Wert zu.

Ebenso hat der Stromrichter neue und fortschrittliche Lösungen auf dem Gebiete der industriellen Wärmetechnik erreicht. Der Mittelfrequenz-Maschinenformer, in der Erzeugung von Wechselstrom auf Frequenzen von etwa 10000 Hz begrenzt, ist für wesentlich höhere Frequenzen um den Röhrengenerator ergänzt worden. Dieser stellt der induktiven Wärmezeugung Frequenzen von 100 ... 1000 kHz, der kapazitiven Erwärmung Wechselstrom von 5 ... 30000 MHz zur Verfügung.

Die induktive Wirbelstromheizung dient schon seit Jahren der Oberflächenhärtung von Zahnrädern, Wellen, Bolzen, Zylindern, Lagern, Werkzeugen. Sie ermöglicht das Erwärmen von Stahl und NE-Metallen zur Warmverformung, erlaubt Schweißen und Löten, sowie Schmelzen im Vakuum.

In neuerer Zeit wird diese Form der Wärmezeugung durch kapazitive, d. h. dielektrische Wärmezeugung ergänzt. Sie nutzt die dielektrischen Verluste eines nicht leitenden Körpers im elektrischen Feld aus. Sie trat in Wettbewerb zu den Verfahren, welche den Dampf als Wärmeträger ausnutzen, und vervollkommen dieselben. Während alle Verfahren, welche einem Körper Wärme von außen zuführen, an den Problemen örtlicher Überhitzung krankt, beteiligen sich im elektrischen Feld, solange dieses konstante Feldstärke aufweist, alle Teilchen gleichmäßig an der Umelektrisierung. Daher entsteht auch die Verlustwärme durch intermolekulare Reibung im ganzen Volumen gleichmäßig. Trocknung von Holz (Bauholz, Möbelindustrie, Formholzherstellung, Montageverleimung), Vulkanisation von Gummi, Trocknung gegen örtliche Erhitzung empfindlicher Werkstoffe (Textilien, Papier, Leder, Linoleum), Vorwärmen von Kunstharz-Preßlingen, Schweißen und Nähen von Kunststoffen (Igelit) sind Anwendungsgebiete, denen die neue Technik qualitative und durch Zeitgewinn auch andere wirtschaftliche Vorteile bringt. Auch der elektrischen Küche er-

wachsen auf diese Weise neue Möglichkeiten. Eine Technik, die in der Medizin schon seit längerer Zeit die bekannte Kurzwellen-Diathermie begründet hat, wird jetzt also auch für die Lösung industrieller Aufgaben eingesetzt.

Die bisher entwickelten Hochfrequenzgeneratoren haben Leistungen von einigen Hundert Watt bis zu etwa 120 kW

Auch die elektrische Schweißtechnik hat neue Lösungen herausgebracht. Die Wechselstrom-Lichtbogenschweißung wurde um einen Schweißtransformator bereichert, der nicht nur zum Vorteil der Schweißigenschaften den 50periodigen Netzstrom mit statischen Mitteln in 100periodigen Einphasenschweißstrom, sondern außerdem die einphasige Leistung in symmetrische Dreiphasenleistung umformt. Er erreicht dies durch Kombination der Magnetisierungsvorgänge gleichstromvormagnetisierter Drosselspulen mit einem Scott-Transformator.

Das Streben, die Lichtbogenschweißung von Übung, Gewissenhaftigkeit und Ermüdung des Schweißers unabhängig zu machen, führte zur Entwicklung von Schweißautomaten, die Verbindungsschweißungen unter selbsttätig wirkender Regelung mit gleichbleibender Qualität durchführen.

Ignitron-Schweißschütze sind als Schaltelemente für Widerstands-, Punkt- und Nahtschweißmaschinen fortentwickelt worden. In Verbindung mit einem Taktgeber in elektrischer oder elektromechanischer Form werden höchste effektive Kurzzeitströme bis 2500 A phasenrichtig geschaltet. Stromzeit und Pausenzeit des Schweißvorganges können bei Schalthäufigkeiten von 30 ... 100 ... 250 Schaltungen je Minute eingestellt werden. — Die Regelung der Schweißspannung großer Schweißmaschinen, früher einem Röhrenregler überlassen, wird neuerdings auch mit Hilfe der Amplidyne durchgeführt.

Die Anwendung der industriellen Elektrowärme in neuen fortschrittlichen Lösungen, sei es in Salzbad-Härteöfen, oder in Schutzgas-Glühöfen, sei es im elektrischen Formentrockner oder im Tunnelofen für Dekorbrand, sei es im Lichtbogen- oder Induktionsofen, finden durchweg im einzelnen nicht aufzählbare fortschrittliche Lösungen.

Auf dem Gebiet der Lichttechnik haben in den letzten Jahren die schon früher entwickelten Leuchtstofflampen eine außerordentliche Verbreitung gefunden. Die weißeren Lichtfarben, insbesondere das Tageslichtweiß, verlangen höhere Beleuchtungsstärke, als sie bisher üblich waren, wenn psychologisch bedingte Ermüdungserscheinungen künstlichen Lichtes und Zwielichtes mit Tageslicht beseitigt, Wohlbefinden und Behaglichkeit gesteigert werden sollen. Lichtausbeute und Lebensdauer der Lampen sind günstige Voraussetzungen für die notwendige Erhöhung des Beleuchtungs-niveaus. Die gegenüber der Glühlampe veränderten Bedingungen der Leuchtdichte bei der Leuchtstofflampe, sowie auch der Lichtfarbe haben in den letzten Jahren zu veränderten Grundsätzen in der Anwendung der Lichtquelle geführt. In vielen Fällen läßt die Leuchtdichte der Leuchtstofflampe in der Nähe der Blendungsgrenze die unverhüllte Verwendung der Röhren zu. Es sind aber auch Beleuchtungskörper entwickelt worden (Rastergitter), die den Lichtstrom mit gutem Wirkungsgrad in einer Richtung sich entwickeln lassen, während für den Betrachter aus anderen Richtungen die Leuchtstofflampe dem Blick entzogen ist.

Für Molkereien sind neue Ultraviolett-Milch-Vitaminisiergeräte entwickelt worden, welche mit Quecksilberdampf-Niederdrucklampen die Behandlung der Milch mit Strahlen erwünschter Wellenlänge erlauben.

Die Entwicklung von Ultraschallgeräten ist gefördert worden, sowohl im medizinischen Interesse und zum Zweck verschiedener biologischer Vorgänge, als auch neuerdings im Interesse industrieller Verwertung. Möglichkeiten dabei bietet die Herstellung von Emulsionen, Beeinflussung des Gefüges verschiedener Stoffe und andere mechanische und chemische Wirkungen.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Telefon: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachung

##### Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle“

Der VDE-FAM-Arbeitsausschuß „Isolieröle“ hat unter Vorsitz von Obering. Maurer einen Entwurf für die Neufassung von VDE 0370 ausgearbeitet, der gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand (DM 1,—) an der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, bezogen werden kann. Es ist beabsichtigt, diese Neufassung ab 1. Januar 1952 in Kraft setzen zu lassen.

Einsprüche gegen diesen Entwurf und gegen den geplanten Geltungsbeginn sowie Änderungsvorschläge können bis zum 1. August 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle einreichbar werden.

Vorsitzender Ausschußvorsitzende      VDE-Vorschriftenstelle  
Maurer      Jacottet

### SITZUNGSKALENDER

**Berlin:** EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33

6. 51, 18.15, Gr. Physiksaal d. TU.: „Flugfunk-Navigation“, Dr. Ullbricht, Ulm.

6. 51: Gemeinschaftsfahrt zur VDE-Tagung in Hannover.

**München:** ETV München, München, Blumenstr. 8

6. 51, 17.30, Vortragssaal d. Dt. Museums: „Erkenntnisse aus der Fahrdynamik elektrischer Bahnen“, Dr.-Ing. habil. Voigtländer, Erlangen.

**Wuppertal:** VDE-Bezirk Bergisch Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52

6. 51, 20.00, Vortragssaal der Stadtbücherei: „Neuentwicklungen auf dem Gebiete von Lichtbogen- und Widerstands-Schweißmaschinen“, Obering. Zinnecke.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal

6. bis 7. 6. 51, tägl. 9 bis 17.00, Hauptverwaltung der GEW-Werke, Köln, Rosenstr. 30: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schnell, Dipl.-Ing. Bertram, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

**München:** Technische Hochschule München, Elektrotechnisches Kolloquium

6. 51, 18.15, Hörsaal 107 (Theresianum): „Neuere synthetische Piezoelektrische Kristalle in der Elektroakustik und Hochfrequenz“, Dr. F. Spitzer, Nürnberg.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal

6. bis 28. 6. 51, tägl. 9 bis 17.00, Elektrisches Prüfamt 4, Nürnberg: Kursus „Fortbildungskursus für Zählerrevisoren“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. K. Roewer, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.

### PERSÖNLICHES

**Ludwig Binder 70 Jahre.** — Am 25. Mai 1951 wird Professor Dr.-Ing. L. Binder 70 Jahre alt. Im Jahre 1919 wurde er als Nachfolger von Prof. Kübler an die Technische Hochschule Dresden berufen, nachdem er schon zuvor einem Ruf an die Technische Hochschule Darmstadt gefolgt war. Nach Beendigung seiner Studien an der Technischen Hochschule München 1904 trat er in die Dienste der Siemens-Schuckertwerke und war zunächst im Dynamowerk tätig. Er promovierte über Erwärmungsprobleme an elektrischen Maschinen und schuf dabei ein Rechnungsverfahren, das erlaubt, mit Differentialgleichungen kaum lösbare Probleme rechnerisch mit Hilfe des Differenzenquotientenverfahrens zu behandeln. Im Laufe seiner weiteren Tätigkeit bei den SSW beteiligte er in das damalige Charlottenburger Werk über, ein Vorläufer des späteren Schaltwerkes. Dort entstanden seine ersten Arbeiten über Wanderwellen, für die er ein besonderes Verfahren, die nach ihm benannte Schleifenmethode, entwickelte. Eine seiner ersten Taten an der Technischen Hochschule Dresden, wo er auf den Lehrstuhl für Elektromaschinenbau und Elektrische Anlagen berufen wurde, war die Aufnahme von Wanderwellenversuchen im größten Umfang, und er konnte bald eine stattliche Anzahl von Doktoranden um sich scharen, deren Arbeiten dann in dem von ihm verfaßten Buch über Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage unter einheitlichen Gesichtspunkten mit seinen eigenen Ergebnissen zusammengefaßt wurden.

Eine Krönung erfuhren die Arbeiten L. Binders durch die Errichtung eines Hochspannungslaboratoriums, das in Deutschland in bezug auf seine weitblickende Planung mit an erster Stelle steht und glücklicherweise die Zerstörungen des Krieges überstanden hat und heute den Schwerpunkt des Institutes für Starkstrom- und Hochspannungstechnik der Technischen Hochschule Dresden bildet.

Die Probleme seiner Dissertation ließen ihn die Bedeutung der nicht als Verlust- sondern als Nutzwärme auffaßbaren Elektrowärme erkennen, und so veranlaßte er schon sehr früh, daß ein besonderes Lehrfach Elektrowärme geschaffen wurde. Dank seiner klaren Einstellung zum Versuch entstand ein besonderes Elektrowärme-Laboratorium, das wohl erstmalig an einer Hochschule dem Studierenden die Möglichkeit experimenteller Betätigung gab. Eine Reihe wertvoller Arbeiten sind aus ihm hervorgegangen.

Seine Arbeit für die Elektrotechnik beschränkte sich nicht auf seine Hochschultätigkeit. Die elektrotechnischen Vereinigungen, denen er angehört hat und angehört, verdanken ihm eine erhebliche Förderung. Entscheidend für alle seine Handlungen war und ist immer die Förderung der Elektrotechnik und ihrer Ingenieure gewesen.

Möchte es dem Jubilar vergönnt sein, noch manches Jahr zum Nutzen der Elektrotechnik zu wirken und die Schar seiner Schüler, die seiner am heutigen Tage mit besonderem Dank gedenken, noch weiter zu vergrößern.

Harald Müller

**Hochschulnachrichten.** — Anlässlich seines 65. Geburtstages wurde dem Professor der Maschinenlehre und Direktor des Maschinenlaboratoriums mit Heiz- und Kraftwerk, des Kältetechnischen Instituts und der Forschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Dr.-Ing. Rudolf Plank, durch die Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Heidelberg der Titel eines „Doktor der Naturwissenschaften ehrenhalber (Doktor philosophiae naturalis honoris causa)“ verliehen.

Die Fakultät ehrt in ihm den Forscher, der durch seine auf dem Gesamtbau der Naturwissenschaften gerichteten Untersuchungen, insbesondere durch seine thermodynamischen Arbeiten, die Brücke zwischen reiner Wissenschaft und ihrer technischen Anwendung zu schlagen verstand und damit half, den Boden für eine zukünftige engere Zusammenarbeit zwischen Technik und exakter Naturwissenschaft zu schaffen.

of

### BUCHBESPRECHUNGEN

DK 421.39.029.6 (022.5)

**Grundlagen der Höchsthochfrequenztechnik.** Von Dr.-Ing. F. W. Gundlach. Mit 499 S., 189 B., Format 15×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg; J. F. Bergmann, München 1950. Preis kart. DM 48,—.

Wenn man dem Titel nach glaubt, ein mehr einführendes Werk vorzufinden, wird man schon bei oberflächlicher Durchsicht feststellen, daß es eine bislang bestehende empfindliche Lücke schließen wird. Wurde damit doch ein Buch herausgebracht, bei dem erstmals in zusammenfassender Form sowohl Erzeugung und Verstärkung als auch Übertragung (Doppelleitungen, Hohlleiter) und Abstrahlung (Antennen) von Wellen sehr hoher Frequenz in wissenschaftlich exakter Form behandelt werden. Alle wichtigen Zusammenhänge wurden von den Grundlagen her entwickelt. Ein Teil der Ableitungen wird erstmals veröffentlicht. Insbesondere im Abschnitt über Elektronenströmungen kann der Autor dabei weitgehend auf eigene Arbeiten zurückgreifen. Der höchstfrequenten Vierpoltheorie wurde ein eigener Abschnitt gewidmet. Das Buch behandelt eine Vielfalt technisch bedeutsamer Fragen und dürfte sowohl für den wissenschaftlich arbeitenden als auch für den in der Praxis stehenden Höchsthochfrequenzingenieur unentbehrlich werden. Naturgemäß müssen beim Leser relativ hohe mathematische Vorkenntnisse sowie die Bereitschaft zu intensiver Mitarbeit vorausgesetzt werden. Die didaktisch sehr geschickte und klare Darstellungsweise erleichtert aber das Studium wesentlich. Ein ausführliches Sachregister ermöglicht ein schnelles Sichzurechtfinden und eine Übersicht über die verwendeten Formelzeichen dient zum Nachschlagen für im Text und in den For-

<sup>1</sup> Gemeinsamer Ausschuß des VDE und des Fachausschusses für Material- und Brennstoffnormung (Gruppe E im Fachnormenausschuß für die Materialprüfungen der Technik).

meln vorkommende Größensymbole. Ein ausführliches Literaturverzeichnis mit kurzen Hinweisen über den ungefähren Inhalt der zitierten Arbeiten ist beigelegt. — Autor und Verlag sind zu diesem Werk zu beglückwünschen.

A. Scheuber

DK 621.316.5 (022.3)

**Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen.** Von B. Fleck. Mit 271 S., 221 B., Format 15×21 cm. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Glw. DM 19,20, Hlw. DM 18,—.

Das Buch behandelt Berechnung, Schaltung und Konstruktion von Hoch- und Niederspannungs-Schaltanlagen.

Die Schaltung der Hauptstromkreise gliedert sich in Grundsatzschaltungen für Erzeugung und Verteilung, ferner in schaltungstechnische Anordnungen für Verbraucher aller Art einschließlich Gleichrichteranlagen für Bahn-, Netz- und Elektrolysebetriebe. Die Schaltung der Hilfsstromkreise beschäftigt sich mit den schaltungstechnischen Grundlagen aller möglichen Elemente elektrischer Anlagen.

Im Buchabschnitt „Konstruktiver Aufbau der Schaltanlagen“ wird mit dem Leistungsschalter (Ölschalter, ölarmer und ölloser Schalter) als Kernstück eine Vielfalt von Möglichkeiten des konstruktiven Aufbaues besprochen.

Der Wert des Buches liegt in der aus der Praxis gewachsenen reichen Sammlung schaltungstechnischer und konstruktiver Möglichkeiten und ihrer Anwendungen. Der Teil „Berechnung“, in der Hauptsache Berechnung der Kurzschlußströme und ihrer thermischen und dynamischen Wirkungen, setzt Verständnis und Kenntnis der Theorie voraus und bietet dann taschenbuchartig und im Sinne des Vorwortes in Anlehnung an bekannte Literatur einen Anhalt für die praktische Rechnung.

L. Lebrecht

DK 621.165 (022.3)

**Dampfturbinen.** Von F. Dietzel (i. d. Rh. Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde). Mit 288 S., 268 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 21,— DM, Glw. 28,— DM.

Das Werk bringt unter Voranstellung eines geschichtlichen Überblicks über die Entwicklung der Dampfturbine eine sehr eingehende Darstellung der Grundelemente der Dampfturbine. Die verschiedenen Turbinensysteme, Gleichdruck-, Überdruck- und Radialturbine und ihre Konstruktion, ferner Wärmewirtschaft und Regeltechnik werden sehr ausführlich behandelt. Wegen der übersichtlichen Darstellung, die neben zahlreichen Skizzen auch gut gelungene Photographien von Einzelteilen bringt, ist das Buch auch für Ingenieure, deren Spezialgebiet außerhalb der Dampftechnik liegt, gut lesbar und aufschlußreich.

Das abschließende Kapitel „Dampfturbine im Betrieb“ kann allerdings nur als Hinweis auf die wichtigsten Fragen aufgefaßt werden, und der an ihnen Interessierte wird ohne eine Spezialliteratur nicht auskommen.

E. J. Pohl

DK 621.351 (022.4)

**Handbuch des Batterie- und Elementenbaues.** Von R. Ziegenberg. Lieferungen 1...3 von insges. etwa 8. Insges. 404 S., 33 B., 34 Taf., als Manuskript gedruckt im Format DIN A 4. Selbstverlag des Verfassers, Neumünster, Bahnhofstr. 19, 1949. Preis des Gesamtwertes 250,— DM.

Das bekannte Handbuch liegt in zunächst drei, z. T. völlig neu bearbeiteten Lieferungen vor. Lieferung I vermittelt ein anschauliches Bild der geschichtlichen Entwicklung, zeigt die in den einzelnen Entwicklungsphasen auftretenden technischen und wirtschaftlichen Probleme auf und macht so den Leser zwanglos mit allen grundsätzlichen Fragen vertraut. Eine Zusammenfassung über die wünschenswerte Weiterentwicklung und Ausführungen über die bei Neugründung oder bei Erweiterung einer Batterie- und Elementenfabrik zu beachtenden Gesichtspunkte beschließen diesen Band. Lieferung II ist der Konstruktion und Herstellung der wichtigsten Zink-Kohleelemente gewidmet. Nach einleitenden Betrachtungen von R. Ziegenberg bespricht I. M. Schmieger Ausführung und Abstimmung der Rezepte im nassen und im Trockenelement sowie die Aufdeckung von Fehlerursachen. Ein weiteres Kapitel ist dem Beutelement gewidmet und im Schlußkapitel behandeln P. Schmidt (†) und R. Ziegenberg das Trocken- und Füllelement. Lieferung III beschreibt die mit Braunstein als Depolarisator arbeitenden Kleinstbatterien und -zellen in ihren verschied-

enen Ausführungsformen und Anwendungen. Auch die Entwicklung neuer Elemententypen im In- und Ausland, soweit dem Herausgeber verlässliche Unterlagen zur Verfügung standen, Berücksichtigung. Die Bedeutung der Zusammenarbeit für die Entwicklung dieses Industriezweiges eingehend gewürdigt. In allen Fragen der Fabrikation, Konstruktion und des Prüfwesens ist das Werk seines reichen Erfahrungsinhalts wegen dem Fachmann ein verlässlicher Ratgeber und es ist zu wünschen, daß es sich neue Freunde hinzugewinnt.

A. Schwarz

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Fernsprech-Wählanlagen.** Von Dr.-Ing. habil. E. Hettwig (Rh. Fernsprechtechnik). 3., erw. Aufl. Mit 484 S., 262 B., 15 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis 38,— DM.

**Fernämter.** Von Dipl.-Ing. Hans Rjosk. (i. d. Rh. Fernsprechtechnik). Mit 200 S., 117 B., 4 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 15,— DM.

**Die Verständlichkeit im Fernsprecheverkehr.** Von Karl Köhler. 2. Aufl. Mit 208 S., 90 B., Format DIN A 5. R. v. Deckers Verlag, Schenk, Hamburg, Berlin 1951. Preis Hlw. 5,50 DM.

**Neuzeitliche Maschinenelemente.** Von Franz Findeisen. Mit 224 S., 122 B., 25 Taf., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1950. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- u. Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 14,— DM.

**Die festen Isolierstoffe der Elektrotechnik als Bau- und Auslaststoffe.** Von Walter Demuth. Mit 233 S., 99 B., Format DIN A 5. Otto Meißners Verlag, Schloß Bleckede, Elbe 1951.

**Motoren.** Von Hans Zumbühl. 2. erw. Aufl. Mit 293 S., 137 B., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1948. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- und Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 11,50 DM.

**Die Schmierung von Dampfturbinen.** Von Dr. techn. Dipl.-Ing. Wolf. Mit 198 S., 45 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 16,50 DM.

**Einführung in die Atomphysik.** Von Wolfgang Finkelburg. 2., umgearb. u. erw. Aufl. Mit 416 S., 230 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 34,50 DM, Glw. 42,— DM.

**Zeichnen und Gestalten im Maschinenbau.** Von Ernst Brose. 4 Hefte: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre, Darstellen und Ausarbeiten. Jedes Heft mit 32 S., 14 Taf., Format DIN A 4. Fachverlag Schiele und Schön, Berlin 1951. Preis je Heft 1,30 DM.

**Punkttechnische Arbeitsblätter.** Von R. Schifferl u. A. Köber. 4. u. 5. Liefer. Mit je 40 S., 110 u. 156 B., zahlr. Taf. Franzosenverlag, München 1949. Preis je Liefer. geh. 6,— DM.

**Senderöhren.** Das Verhalten von Pentoden, Tetroden und Trioden der Sendeschaltung. Von Ir. J. P. Heyboerff. Bearb. v. J. H. Zijlstra (i. d. Bücherreihe über Elektronenröhren, 7 Bd.). Mit 256 S., 5 Taf., Format 16×23,5 cm. Deutsche Philips GmbH, Heerlen 1951. Preis Glw. 26,50 DM.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 4.** Inhalt: K. Schreier, Konstante Schwingungskreise für hohe Frequenzen; E. A. Pavell, Moderne Rundfunkleitungen nach den CCIF-Empfehlungen; G. Seelmaier, Eggebert, Der Platzsucher, ein Mittel zur Verbesserung des Fernverkehrs; H. Grazia dei, Ein neues Verfahren zur Obenspeisung schwundmindernder Funkmasten; P. Barkow, Die Unsymmetrie der Frequenzhubes, insbesondere bei Breitband-Richtverbindungen mit Frequenzmodulation; W. Meyer-Eppler, Messung der Frequenzcharakteristik linearer Systeme durch einmalige oder wiederholte Vorgänge.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

- Dr. phil. H. Fahlenbrach, Widia-Fabrik, Essen, Münchener Str. 10  
 Prof. Dr. R. Feldtkeller, Techn. Hochschule Stuttgart  
 F. Heintzenberg, Berlin-Zehlendorf, Sophie-Charlotte-Str. 27  
 Dr.-Ing. P. Hochhäusler, i. Fa. August Lepper, Honnef a. Rh.  
 Dr.-Ing. E. Hueter, Techn. Hochschule Darmstadt  
 Prof. Dr.-Ing. K. Humburg, Techn. Hochschule Hannover  
 Dr. phil. A. Keil, i. Fa. Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim, Westl. Str. 10  
 Prof. Dr.-Ing. L. Lebrecht, Techn. Hochschule Darmstadt  
 Prof. Dr.-Ing. K. Leist, Techn. Hochschule Aachen  
 Dipl.-Ing. L. Maurer, SSW, Nürnberg, Katzwanger Str. 150  
 Dipl.-Phys. C. L. Meyer, i. Fa. Dr. E. Dürrwächter, Pforzheim, Westl. Str. 61  
 Dr.-Ing. H. F. Mueller, Karlsruhe-Rintheim, Im Krautgarten 17  
 Dr. W. Nestel, NWDR, Hamburg 13, Rothenbaumchaussee 132  
 Dipl.-Ing. F. Nolte, i. Fa. Paul Firchow Nachf., Frankfurt a. M., Baseler Str. 27—31  
 Dr.-Ing. O. Schneider, Stuttgart, Ludwigstr. 114  
 Dr.-Ing. Stieglitz, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG, Dortmund, Westfalendamm 45  
 Prof. Dr.-Ing. F. Stier, Techn. Hochschule Karlsruhe

Abschluß des Heftes: 12. Mai 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 1144. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 114, Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 1144. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 12 80 halbj. einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

## Der Anlauf des Einphasenmotors mit Widerstands-Hilfsphase

Von T. Schmitz, Dresden

DK 621.313.333.2.045.51

**Übersicht.** Der Einfluß der Windungszahl der Hilfsphase auf den Lauf eines Einphaseninduktionsmotors mit Widerstandshilfsphase wird untersucht.

Für das Anlaufmoment des Einphasen-Induktionsmotors mit Hilfsphase findet man im 4. Bande der „Elektrischen Maschinen“ von Prof. Rudolf Richter folgende Formel:

$$M_a = \frac{m_2 R_2 + X_{a2} X_{b2} I_a I_b \sin(I_a, I_b)}{\Omega (R_2^2 + X_2^2)} \quad (1)$$

In dieser Formel ist  $X_2 = X_{2h} (1 + \tau_2)$  die totale sekundäre Reaktanz, d. h. Hauptflußreaktanz plus Streureaktanz. Bei Kurzschlußläufern, die für Einphasenmotoren allein noch praktische Bedeutung haben, liegt  $R_2$  in der Größenordnung von 5 ... 10% von  $X_2$ , so daß  $R_2^2 \approx 0,25 \dots 1\%$  von  $X_2^2$  ausreicht und vernachlässigt werden kann.

Gl. (1) soll noch weiter umgeformt werden. Die Indizes  $a$  und  $b$  beziehen sich auf Haupt- und Hilfsphase. Wir wollen statt dessen  $x$  und  $y$  schreiben. Dividiert man durch 9,81, erhält man das Drehmoment in mkg.  $R_2$  ist der Widerstand pro Läuferphase und  $m_2$  die Phasenzahl im Läufer. Im Käfigläufer ist demnach  $R_2$  der Widerstand eines Stators plus Ringanteil gleich  $R_{St}$  und  $m_2$  die Nutenzahl  $N_2$ . Das Übersetzungsverhältnis der Ströme zwischen Hauptphase und Rotor nennen wir  $\ddot{u}_x$  und das zwischen Hilfsphase und Rotor  $\ddot{u}_y$ . Ferner soll  $\ddot{u}$  das Übersetzungsverhältnis der Spannungen zwischen Haupt- und Hilfsphase sein. Für diese Übersetzungen gelten folgende Formeln:

$$\ddot{u}_x = \frac{2 S_x \xi_x}{m_2 S_2 \xi_2}, \quad \ddot{u}_y = \frac{2 S_y \xi_y}{m_2 S_2 \xi_2}, \quad \ddot{u} = \frac{S_x \xi_x}{S_y \xi_y} = \frac{\ddot{u}_x}{\ddot{u}_y} \quad (2)$$

$\xi_y$  und  $\xi_2$  sind Wicklungsfaktoren. Für einen Käfigläufer  $m_2 = N_2$ ,  $S_2 = 1$ ,  $\xi_2 = 1$ . Mit diesen Festsetzungen und  $\xi_x = 0$  geht der Ausdruck  $\frac{4 X_{a2} X_{b2}}{R_2^2 + X_2^2}$  in der Richterschen Formel über in  $\frac{\ddot{u}_x \ddot{u}_y}{(1 + \tau_2)^2} = \frac{\ddot{u}_x^2}{\ddot{u} (1 + \tau_2)^2}$ . Setzen wir ferner  $\ddot{u} = \frac{2 \pi f}{p}$ , mit  $f$  = Frequenz und  $p$  = Polpaarzahl, so erhält man

$$M_a = \frac{N_2 p R_{St} \ddot{u}_x^2 I_x I_y \sin(I_x, I_y)}{2 \pi f \cdot 9,81 \ddot{u} (1 + \tau_2)^2} \text{ [mkg]} \quad (3)$$

Bei der Ausführung der Hauptphase und des Läufers nehmen wir als gegeben an, dann ist  $I_x$  der Größe und Richtung nach gegeben. Den Phasenwinkel zwischen  $I_x$  und  $I_y$  einerseits und der Netzspannung  $U$  nennen wir  $\varphi_x$  und  $\varphi_y$ . Ist ein bestimmtes Anzugsmoment  $M_a$  vorgeschrieben, und setzt man

$$\frac{M_a \cdot 2 \pi f \cdot 9,81 (1 + \tau_2)^2}{N_2 p R_{St} \ddot{u}_x^2 I_x} = K,$$

$$K = \frac{I_y \cos(\varphi_x - \varphi_y)}{\ddot{u}} \quad (4)$$

Bezeichnen  $X_{Ky}$  und  $R_{Ky}$  die totale Kurzschlußreaktanz und den totalen ohmschen Kurzschlußwiderstand der Hilfsphase (Ständer + Läufer), so ist

$$\tan \varphi_y = \frac{X_{Ky}}{R_{Ky}} \quad \text{und} \quad I_y = \frac{U \sin \varphi_y}{X_{Ky}} \quad (5)$$

Wir setzen ferner  $X_{Ky} = \frac{X_{Ky0}}{\ddot{u}^2}$ , wobei  $X_{Ky0}$  die Kurzschlußreaktanz der Hilfsphase bei  $\ddot{u} = 1$  ist, dann erhält man schließlich

$$K = \frac{U \sin \varphi_y \cdot \ddot{u} \cos(\varphi_x - \varphi_y)}{X_{Ky0}} \quad (6)$$

Die in der Hilfsphase auftretenden Stromwärmeverluste sind:

$$V_w = U I_y \cos \varphi_y = \frac{U^2 \cos \varphi_y \cdot \sin \varphi_y \ddot{u}^2}{X_{Ky0}} = \frac{U^2 \ddot{u}^2}{X_{Ky0}} \sin \varphi_y \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_y} \quad (7)$$

Aus Gl. (6) erhält man

$$\sin \varphi_y = \sqrt{\frac{\frac{2 K X_{Ky0}}{U \ddot{u}} \sin \varphi_x + \cos^2 \varphi_x}{2}} \pm \sqrt{\left(\frac{\frac{2 K X_{Ky0}}{U \ddot{u}} \sin \varphi_x + \cos^2 \varphi_x}{2}\right)^2 - \left(\frac{K X_{Ky0}}{U \ddot{u}}\right)^2} \quad (8)$$

Man kann also die Stromwärme in der Hilfsphase bei vorgeschriebenem Moment in Abhängigkeit von  $\ddot{u}$  berechnen.

Wie man sieht, ist die Formel aber sehr unübersichtlich und läßt die Abhängigkeit der Verluste von  $\ddot{u}$  nur schwer erkennen.

Eine weit bessere Übersicht liefert das graphische Verfahren. Für ein bestimmtes  $\ddot{u}$  ist  $X_{Ky}$  gegeben und der Endpunkt des Stromvektors von  $I_y$  bewegt sich dann bei veränderlichem  $R_{Ky}$  auf einem Kreis mit dem Durchmesser  $U/X_{Ky}$  im Strommaßstab, dessen Mittelpunkt auf der Abszissenachse liegt, wenn  $U$  in die Ordinatenachse fällt. Bild 1 zeigt einen solchen Kreis. Dort ist auch der willkürlich angenommene Vektor von  $I_x$  eingetragen. Das Lot von einem

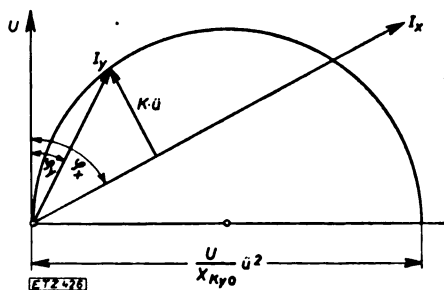


Bild 1. Ortskurve für den Strom  $I_y$  bei konstantem  $\ddot{u}$  und veränderlichem Moment.



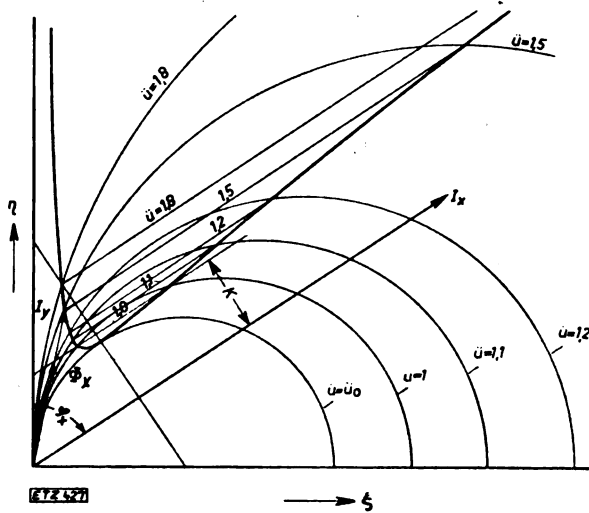


Bild 2. Ortskurve für den Strom  $I_y$  bei veränderlichem  $\ddot{u}$  und konstantem Moment.

Punkt des Kreises auf den Vektor von  $I_x$  gibt die Größe  $I_y \sin(\varphi_y - \varphi_x)$ . Dividiert man diese Strecke durch  $\ddot{u}$ , so hat man ein Maß für das Drehmoment. Da dieses konstant sein soll, so müssen die Endpunkte des Vektors  $I_y$  bei veränderlichem  $\ddot{u}$  auf Parallelen zu  $I_x$  im Abstande  $K\ddot{u}$  liegen.  $X_{Ky}$  ist umgekehrt proportional  $\ddot{u}^2$ , so daß der Kreisdurchmesser proportional  $\ddot{u}^2$  ist.

Bei veränderlichem  $\ddot{u}$  erhält man also eine Schar von Kreisen und eine Schar paralleler Geraden, deren Schnittpunkte den Endpunkt des Vektors  $I_y$  ergeben. In Bild 2 ist diese Konstruktion für eine Anzahl  $\ddot{u}$ -Werte durchgeführt.

$\ddot{u}_0 = \frac{K X_{Ky_0}}{U \sin^2 \varphi_x / 2}$  ist der kleinste Wert von  $\ddot{u}$ , bei dem das vorgeschriebene Anzugsmoment gerade noch erreicht wird. Die Gleichung des geometrischen Ortes ist leicht zu finden. Die Kreisgleichung lautet:

$$y^2 + \left(x - \frac{U \ddot{u}^2}{2 X_{Ky_0}}\right)^2 = \left(\frac{U \ddot{u}^2}{2 X_{Ky_0}}\right)^2 \quad (9)$$

und die Geradengleichung lautet:

$$x \cos \varphi_x - y \sin \varphi_x + K \ddot{u} = 0. \quad (10)$$

Eliminiert man  $\ddot{u}$ , so erhält man als Gleichung des geometrischen Ortes:

$$y^2 + x^2 - \frac{U x}{X_{Ky_0} K} \cdot (x^2 \cos^2 \varphi_x + y^2 \sin^2 \varphi_x - 2xy \cos \varphi_x \sin \varphi_x) - 0. \quad (11)$$

also eine Gleichung 3. Grades.

Die Radienvektoren aus dem Nullpunkt bis zu dieser Kurve stellen den Strom in der Hilfsphase dar und ihre Projektion auf die Ordinatenachse die Stromwärmeverluste in der Hilfsphase. Dividiert man die Länge der Vektoren durch  $\ddot{u}$ , so erhält man ein Maß für den Kraftfluß in der Hilfsphase  $\Phi_y$ , denn dieser ist proportional dem Produkt aus  $I_y$  und der Windungszahl der Hilfsphase. Die Endpunkte dieser Flußvektoren liegen auf einer Parallelen zu  $I_x$  im Abstand  $K$ . Um bei gegebenem Anlaufmoment die kleinsten Verluste in der Hilfsphase zu erhalten, muß man  $\ddot{u}$  so wählen, daß es dem tiefsten Punkt der  $I_y$ -Kurve entspricht. Um dieses Minimum zu finden, muß man die partielle Ableitung der Funktion (11) nach  $x$  gleich Null setzen und aus dieser Gleichung und Gl. (11) die Koordinaten des tiefsten Punktes bestimmen. Setzt man diese in Gl. (10) ein, so findet man  $\ddot{u}$ . Dies ist, da es sich um Gleichungen 3. Grades handelt, ein recht zeitraubendes Verfahren und hat wenig Zweck, da man, wie wir so gleich sehen werden, gezwungen ist,  $\ddot{u}$  größer zu wählen als diesem Minimum entspricht.

Beim Anlauf eines Motors spielt außer dem Anlaufmoment das Hochlaufmoment eine wichtige Rolle, das Mo-

ment, das dem tiefsten Punkt der Drehmomentenkurve Bereich zwischen Stillstand und Kippschlupf entspricht. In Einsattelungen der Momentenkurve werden bekanntlich die höheren Harmonischen der Feldkurve bei den Motoren mit Hilfsphase wird im allgemeinen Hauptphase über  $\frac{2}{3}$  und die Hilfsphase über  $\frac{1}{3}$  des Starumfangs verteilt. In der Feldkurve der Hauptwicklung die 3. Oberwelle Null, die 5. beträgt 4,4% der Grundwelle und die 7. beträgt 2,28% der Grundwelle. In der Feldkurve der Hilfswicklung beträgt die 3. Oberwelle 22,1%, die 5. 6,2% und die 7. 2,92% der Grundwelle.

Wie man sieht, ist die 3. Oberwelle der Hilfswicklung sehr stark ausgebildet und um ihren Absolutwert nicht zu halten, muß man die Grundwelle des Hilfsfeldes möglichst klein machen. Hält man dieses Ergebnis dem gefundenen gegenüber, so erkennt man, daß es für den Anlauf notwendig ist,  $\ddot{u}$  groß zu machen. Die höheren Verluste in der Hilfsphase muß man dann allerdings in Kauf nehmen. Da diese Verluste nur während der kurzen Anlaufperiode auftreten, so spielen sie hinsichtlich des Energieverbrauches kaum eine Rolle, dagegen muß darauf geachtet werden, daß sie die Hilfsphase nicht zu sehr erwärmen. Das einfachste Mittel, um dies zu erreichen, wäre, die Hilfswicklung mit geringem Widerstand auszuführen und den erforderlichen Widerstand außerhalb des Motors anzuordnen. Sozusätzliche Apparate vermeidet man aber nach Möglichkeit man muß also versuchen, den notwendigen Widerstand den Motor einzubauen. Wie wir sahen, soll  $\ddot{u}$  groß sein, die Hilfsphase soll wenig Windungen haben. Soll sie aber dem einen hohen Widerstand erhalten, so muß man sie aus sehr dünnem Draht ausführen. Die Nuten der Hilfswicklung wären also nur teilweise gefüllt und das Kupfergewicht wäre klein. Dies widerspricht aber der Forderung nach geringer Erwärmung, denn diese erfordert große Wärmekapazität, also großes Gewicht. Diesem Ubelstand könnte durch Verwendung eines Leiterwerkstoffes mit geringer spezifischer Wärmekapazität abgeholfen werden, doch müßte dann diese Fähigkeit für jeden besonderen Fall andere Werte für  $\ddot{u}$  was natürlich nicht durchführbar ist. Ein einfacher Nachweis bei dem man normalen Kupferdraht verwenden kann steht darin, mehr Drähte, als das Übersetzungsverhältnis fordert, in die Nut zu wickeln und die überzählige Leiterzahl dadurch unwirksam zu machen, daß man sie nicht ausführt. Nehmen wir z. B. an, das Übersetzungsverhältnis erfordere 93 Leiter pro Nut, der Widerstand dagegen für Leiter eines bestimmten Querschnittes, durch die die Nut gerade ausgefüllt sei, dann muß man 109 Drähte in die bestimmten Wickelsinne und 16 Drähte im entgegengesetzten Wickelsinne in die Nuten einlegen. Um die erforderliche Leiterzahl und den erforderlichen Querschnitt zu ermitteln, eignet sich nachstehende Formel:

$$S_{Iy} = S_{Ix} \sqrt{\frac{I_x N_y R_{Iy} Q_y}{I_y N_x R_{Ix} Q_x}}$$

Hierin bedeuten:

- $S_l$  die gesamte Leiterzahl pro Phase,
- $l$  die mittlere Leiterlänge,
- $N$  die Nutenzahl pro Phase,
- $R_1$  den ohmschen Widerstand der Ständerwicklung
- $Q$  ist der gesamte in einer Nut unterzubringende Kupferquerschnitt.

Die Formel gilt für gleiche Nutabmessungen in Haupt- und Hilfsphase.

$Q_y / Q_x$  kann man zunächst mit 1 annehmen, doch dieser Wert nur in Ausnahmefällen erreicht werden, da in der Wahl der Drahtquerschnitte beschränkt ist und die Belastungsaufträge je nach Dreht Durchmesser verschieden sind. Hat man aus der Formel  $S_{Iy}$  und damit  $s_{Iy}$ , die Leiterzahl pro Nut, gefunden, so ergibt sich der Leiterquerschnitt daraus, daß die Nut möglichst gut ausgefüllt werden soll.

Die Formel ergibt nur eine erste Annäherung für  $s_{ly}$  und das Ergebnis muß durch geringe Änderungen von  $s_{ly}$  der des Drahtdurchmessers korrigiert werden. Es ist zu beachten, daß  $s_{ly} - s_y$  eine gerade Zahl sein muß. Die wirkliche Leiterzahl  $S_y$  oder  $s_y$  ist durch das Übersetzungsverhältnis  $\bar{u} = S_x \xi_x / S_y \xi_y$  gegeben.

Einen Anhalt für die Wahl von  $\bar{u}$  erhält man auf folgende Weise. Aus Bild 1 ist leicht zu ersehen, daß man für ein gegebenes  $\bar{u}$  das maximale Anzugsmoment erhält, wenn  $R_{Ky}$  den Wert  $\frac{U \bar{u}^2}{2 X_{Ky}} (1 - \cos \varphi) = \frac{U}{2 X_{Ky}} \left(1 - \frac{R_{Kx}}{Z_{Kx}}\right)$  annimmt. Hieraus findet man

$$M_{max} = \bar{u} \frac{U^2 p N_2 R_{St} \bar{u}_x^2}{2 \pi f 9,81 (1 + \tau_2)^2} \frac{X_{Kx}}{2 \varphi Z_{Kx}^2 (Z_{Kx} + R_{Kx})} \quad (13)$$

und den dazugehörigen Wert von  $R_{y1}$  zu

$$R_{y1} = \frac{\varphi (R_{Kx} + Z_{Kx}) - R'_{2x}}{\bar{u}^2} \quad (14)$$

Die Formeln bedeuten  $\varphi$  das Verhältnis  $X_{Ky} \bar{u}^2 / X_{Kx}$ . Wären die beiden Phasen vollkommen gleichartige Verteilung und unterschieden sie sich nur durch die Windungszahl, so wäre  $\varphi = 1$ . Für die übliche Verteilung der Hauptwicklung über  $\frac{2}{3}$  und der Hilfswicklung über  $\frac{1}{3}$  des Umlanges ist  $\varphi$  ungefähr 1,05. Ferner ist die Impedanz der Hauptphase  $Z_{Kx} = \sqrt{R_{Kx}^2 + X_{Kx}^2}$  und  $R'_{2x}$  der auf die Hauptphase reduzierte Läuferwiderstand. Aus Gl. (13) läßt sich  $\bar{u}$  für ein gegebenes Moment bestimmen. Das so gefundene  $\bar{u}$  entspricht dem früher mit  $\bar{u}_0$  bezeichneten Übersetzungsverhältnis. Wie wir sahen, muß dieser Wert mit Rücksicht auf das Hochlaufmoment überschritten werden, und zwar hat die Erfahrung gezeigt, daß  $\bar{u}$  zu 1,3 ... 1,5  $\bar{u}_0$  zu wählen ist. Wenn man  $\bar{u}$  gewählt, so ergibt sich der zugehörige Wert von  $R_{y1}$  aus der Formel

$$M_{max} = \frac{U^2 p N_2 R_{St} \bar{u}_x^2}{2 \pi f 9,81 (1 + \tau_2)^2 \bar{u}} \frac{X_{Kx} R_{Ky} - R_{Kx} X_{Ky}}{Z_{Kx}^2 (X_{Ky} + R'_{Ky})}$$

Hieraus läßt sich eine quadratische Gleichung für  $R_{Ky}$  ableiten, aus der der größere der beiden sich ergebenden Werte

zu wählen ist. Zieht man von  $R_{Ky}$  den auf die Hilfsphase reduzierten Sekundärwiderstand  $\frac{R'_{K2x}}{\bar{u}^2}$  bei Anlaufftemperatur

ab, so erhält man den Widerstand der Hilfsphase  $R_{y1}$ , bei dem durch den Anlaufstrom bedingten Erwärmungszustand, woraus dann der Widerstand bei 20 °C zu berechnen ist.

Um den Anlauf des Einphasenmotors zu verbessern, sind verschiedene oberwellenarme Wicklungen vorgeschlagen worden. Die üblichen Wicklungen geben Trapezfelder, wobei das Trapez mit dem Verhältnis der parallelen Seiten 2:3 (1/2-Bewicklung) besonders ungünstig ist. Die oberwellenarmen Wicklungen suchen nun das Trapez durch Staffelung der Leiterzahlen in den einzelnen Nuten der Sinuskurve näherzubringen. Das 3. Oberfeld könnte auch durch eine im Dreieck geschaltete dreiphasige Dämpferwicklung unterdrückt werden, doch dürfte diese, um wirksam zu sein, nicht zu schwach sein und würde daher viel Nutraum beanspruchen. Die sinusförmig verteilten Wicklungen sind in der Herstellung kompliziert und für Massenfertigung nicht geeignet.

Wie aus Gl. (3) zu erkennen, ist bei gegebenem  $I_y/\bar{u}$ , d. h. bei gegebenem Kurzschluß-Kraftfluß, das erreichbare Moment  $\Phi_y$  umso größer, je größer der Winkel  $\varphi_x - \varphi_y$  ist. Da  $R_{Ky}$  stets viel größer als  $X_{Ky}$  ist, so ist  $\varphi$  nahezu 0°; damit  $\varphi_x - \varphi_y$  groß wird, muß also  $\varphi_x$  möglichst groß sein, d. h. in der Hauptphase soll  $X_{Kx}$  groß gegen  $R_{Kx}$  sein. Andererseits darf  $X_{Kx}$  aber nicht zu groß sein, da sonst das Kippmoment und der  $\cos \varphi$  im Betriebspunkt niedrig werden. Bei 4poligen Motoren entspricht das Verhältnis  $X_{Kx} : R_{Kx}$  annähernd den gestellten Forderungen, dagegen ist bei 2poligen Motoren  $X_{Kx}$  meist klein gegenüber  $R_{Kx}$ , so daß es bei 2poligen Motoren mit Widerstandshilfsphase schwierig ist, einen Vollanlauf zu erzielen. Doch ist zu berücksichtigen, daß für die meisten Antriebe, die für Einphasenmotoren in Betracht kommen, Halbanlauf genügt; für schwierige Fälle steht ja der Kondensator zur Verfügung.

**Zusammenfassung**

Das für ein gegebenes Anzugsmoment kleinstzulässige Übersetzungsverhältnis muß mit Rücksicht auf die Einsattelung der Drehmomentkurve wesentlich erhöht werden, wobei höhere Stromwärmeverluste in Kauf genommen werden müssen.

**Über einen induktiven Standmesser**

Von E. Schuch, Ludwigshafen

DK 621.317.789.082.74

**Übersicht.** Der im folgenden beschriebene Standmesser zeichnet sich durch seine gute Proportionalität zwischen Kernweg und dem Ausschlag des anzeigenden Instrumentes vom Nullpunkt an aus. Er benötigt ferner kleine Abmessungen und benötigt nur geringe Meßleistung.

Zur Ermittlung von Bewegungsvorgängen, von Standhöhen von Flüssigkeitspiegeln und Hebelstellungen u. ä. sind schon viele Verfahren vorgeschlagen oder angewendet worden [1 ... 6]. Unter ihnen spielen die induktiven wegen ihrer mannigfachen Vorzüge eine besonders große Rolle.

Bei diesen Standmessern wird die Meßgröße durch Verschieben eines Eisenkerns in eine an Wechselspannung angelegte Spule oder Spulenanordnung hervorgerufen. Die Meßgröße zu messende Standhöhe entspricht einer bestimmten Eintauchtiefe des Eisenkerns in die Spulenanordnung und dieser wiederum einer bestimmten Meßgröße.

**Der Standmesser**

Die im folgenden angegebene induktive Anordnung unterscheidet sich abweichend von den bekannten [7 ... 10] aus 3 Komponenten

axial neben- oder übereinander angeordneten Spulen, von denen die mittlere an Wechselspannung liegt, während die beiden äußeren zur Messung dienen. Durch entsprechende Schaltung erreicht man den meist erwünschten linearen Zusammenhang zwischen Standhöhe und Ausschlag am Instrument vom Nullpunkt aus. Außerdem zeichnet sich die angegebene Anordnung durch kleine Abmessungen und einfachem Aufbau durch geringe Meßleistung aus.

Mißt man bei einer solchen Spulenanordnung (Bild 1b) die bei Einschieben eines Eisenkerns in einer der äußeren Spulen induzierten Spannungen, so ergeben sich in Ab-

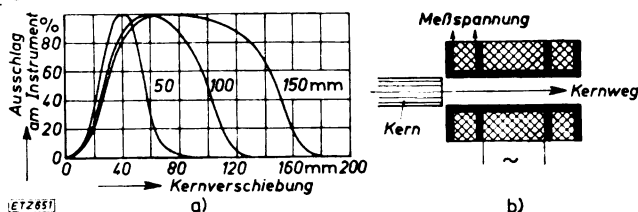


Bild 1. Verlauf der induzierten Spannungen bei Einschieben von Eisenkernen verschiedener Länge. Rechts Spulenanordnung.

Der Standmesser wurde im Jahre 1943 im Werk Badische Anilin- und Soda-Fabrik der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Ludwigshafen am Rhein, entwickelt.

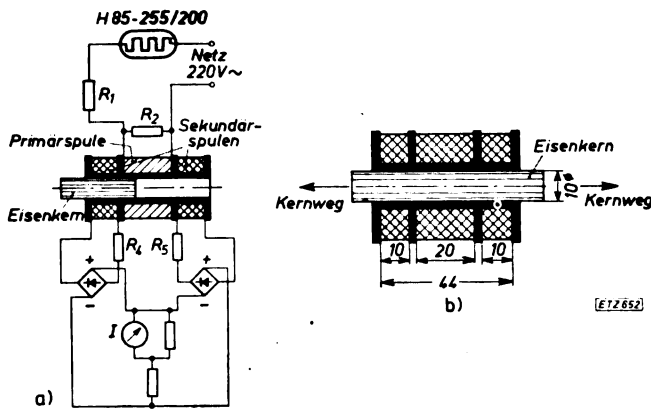


Bild 2. Gesamtschaltbild und Abmessungen der Spulenordnung (Kernstellung so gewählt, daß der Differenzstrom gleich Null wird (Nullpunkt)).

hängigkeit vom Kernweg für verschiedene Kernlängen die in Bild 1a gezeigten Kurven. Danach ist für kurze Kerne sowohl im aufsteigenden als auch im absteigenden Ast ein längeres, nahezu geradliniges Stück, also Proportionalität zwischen Kernweg und Ausschlag vorhanden. Diese Linearität wird hier in der Schaltung nach Bild 2a zur Standmessung herangezogen. Da hierbei bei beiden Spulen der Teil der Spannungskurven nach Bild 1a benutzt wird, dessen Gestalt sehr stark von der Kernlänge abhängt (bei der linken Spule von Bild 1b ist dies der abfallende Ast), so ist es wichtig, den Kern richtig zu bemessen.

Wie aus dem Schaltbild 2a hervorgeht, wird hier jede der in den beiden äußeren Spulen induzierten Spannungen gleichgerichtet und derart an eine Widerstandsanordnung angeschlossen, daß die sich ergebenden Ströme diese in einander entgegengesetztem Sinne durchfließen. Dabei erhält das Anzeigement ein den Differenzstrom proportionalen Strom. Infolge der Gleichrichtung kann hier ein Drehspulinstrument benutzt werden, so daß die erforderliche Meßleistung gering ist. Die Verwendung zweier Gleichrichter ermöglicht den linearen Zusammenhang zwischen Kernweg und Ausschlag vom Nullpunkt aus zu erhalten; denn gerade da, wo der Differenzstrom gleich Null ist (= Nullpunkt der Messung) sind die Ströme in den Gleichrichtern wesentlich von Null verschieden. Die Nichtlinearität der Gleichrichter im Anfangsbereich kann sich daher hier nicht nachteilig auswirken.

Bild 3 zeigt mit einem Eisenkern von 65 mm Länge erhaltene Kurven für den Differenzstrom. Der Nullpunkt wird hier geradlinig durchlaufen. Bei völliger Gleichheit der beiden Gleichrichterkreise erhält man die Kurve I. Macht man aber die Ströme verschieden groß, indem man entweder die Vorwiderstände verschieden groß wählt oder

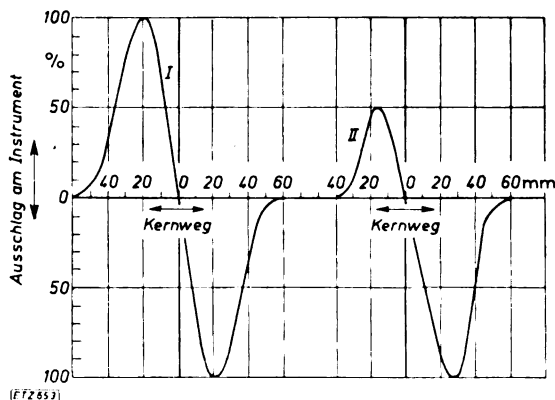


Bild 3. Differenzstromkurven für Anordnung nach Bild 2. Primärstrom 150 mA. I beide Stromkreise gleich, II  $R_4$  vergrößert.

die Windungszahlen der äußeren Spulen verschieden gemacht, so erhält man die Kurve II, die eine fast ebenso geradlinige Kurvenstrecke aufweist wie die Kurve I. Man hat also die Möglichkeit den Nullpunkt der Kurven in einfacher Weise zu verschieben, wobei man allerdings beachten muß, daß sich die Empfindlichkeit dabei ebenfalls ändert. Beim Durchschieben des Eisenkerns durch die Spulenanzordnung kehrt sich die Stromrichtung um. Man kann daher ein Standmesser auch da verwenden, wo bei Umkehr der Stromrichtung irgend ein Vorgang ausgelöst werden soll. Insgesamt ist hier Geradlinigkeit für etwa 12 mm Kernweg vom Nullpunkt aus nach beiden Seiten vorhanden.

Bild 2a zeigt außer dem Sekundärkreis noch die Schaltung für den Primärkreis. Da die Primärspule nur ein 30 ... 40 V benötigt, so kann hier zur Herabsetzung des Stromflusses von Netzspannungsschwankungen ein Eisenwiderstand in Serie zur Spule gelegt werden. Spannungsschwankungen bis zu 10% schwankt dann die Anzeige nur um 1%. Die Anordnung kann unmittelbar an das Netz angeschlossen werden. Bei der Ausführung, der die Kurven des Bildes 3 erhalten wurden, betrug der Strom in der Primärspule 150 mA. Die Primärspule hat 2000 Windungen (also 300 AW.), die Sekundärspule hat 1000. Die Abmessungen der Spulen gehen aus Bild 2b hervor. Als Anzeige-Instrument wurde ein solches sehr geringen Verbrauches verwendet (0,4 mA bei 20  $\Omega$  innerer Widerstand). Die Widerstände der Sekundärseiten waren so bemessen, daß durch die Gleichrichter maximal deren Nennstrom fließt (= 1 mA) und das Instrument bei dem großen Differenzstrom gerade Vollausschlag anzeigte. Im Primärstromkreis wurde durch einen Parallelwiderstand zur Primärspule deren Strom auf 150 mA eingestellt.

Um für längere Strecken (als 25 mm) Proportionalität zwischen Kernweg und Ausschlag zu erhalten, muß entweder mit Übersetzungen arbeiten oder die Wicklung der Spulen anders gestalten. Da seinerzeit die oben beschriebene Ausführung des Standmessers genügte, wurde nur ein paar orientierende Versuche über die Geradlinigkeit für eine längere Strecke durchgeführt, wobei bei derselben Verlängerung der mittleren Spule erfolgreichend zu sein schien.

**Zusammenfassung**

Es wird ein induktiver Standmesser beschrieben, bei dem mit drei nebeneinander liegenden Spulen arbeitet, wobei die mittlere an einer Wechselspannung liegt. Die beiden äußeren Spulen induzierten Spannungen werden nach Gleichrichtung auf eine Widerstandsanordnung angeschlossen. Ein Gleichstrominstrument mißt den sich ergebenden Differenzstrom, der ein Maß für die zu messende Stromstärke ist.

**Schrifttum**

- [1] O. Seitz: Flüssigkeitspegel. Arch. techn. Messen V 1123-4.
- [2] H. Lohmann: Direkte Wasserstand-Anzeiger und optischer Anzeiger. Arch. techn. Messen V 1123-5.
- [3] H. Lohmann: Hydrostatische Wasserstand-Fernanzeiger. Arch. techn. Messen V 1123-6.
- [4] H. Lohmann: Mechanische und elektrische Wasserstand-Anzeiger. Arch. techn. Messen V 1123-7.
- [5] P. M. Pillier: Die Fernmeßverfahren. Arch. techn. Messen V 1123-8.
- [6] G. Keinath: Die Technik elektrischer Meßgeräte. 1928 S. 313.
- [7] DRP Nr. 221.590 (von 1909): Vorrichtung zur kontinuierlichen Fernmessung von in Hohlkörpern eingeschlossenen Flüssigkeitsständen, bei welcher die Kapazität oder Induktanz des die Registermechanik enthaltenden Stromkreises durch einen von der Flüssigkeit bewegten Körper geändert wird.
- [8] W. Geyger: Induktive Fernübertragung von Bewegungen. Arch. techn. Messen 3822-1 und 2.
- [9] DRP Nr. 369.132 (von 1923): Elektromagnetische Anzeiger für Flüssigkeits-, Gas- und Dampfmenge.
- [10] DRP Nr. 651.765 (von 1935): Strömungsmengenmesser für Gas- und Flüssigkeiten.

# Die Beeinflussung der Strom- und Spannungsgrundwelle einer Zündanlage durch Entstörwiderstände im Zündkreis

Von Hansjörg Mackh, Karlsruhe

DK 621.366 : 621.396.828

**Übersicht.** Für Zündanlagen von Otto-Motoren wird ein Ersatzschaltbild angegeben. Die Lösungen der Differentialgleichungen für den Ladestrom und die Spannung am Entladekreis werden ausgewertet und besprochen. Aus der Auswertung sich ergebende Folgerungen werden mit Beobachtungen aus der Praxis verglichen.

1. Das „Entstörgesetz“. — Mit der Bekanntgabe des „Gesetzes über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten“ [1] und der Veröffentlichung der „Verwaltungsanweisung“ [1] für die mit der Durchführung des Gesetzes beauftragten Postdienststellen gewinnen die mit der Entstörung zusammenhängenden Fragen immer mehr an Interesse. Nach den „Begriffsbestimmungen“ der Verwaltungsanweisung sind Hochfrequenzgeräte im Sinne des Gesetzes auch solche Geräte oder Einrichtungen, die unbeabsichtigt — als Nebenwirkung — Hochfrequenzschwingungen erzeugen“. Mit dieser Festlegung beschränkt sich die Auswirkung des Gesetzes nicht auf das Arbeitsgebiet des UKW-Spezialisten, sondern zwingt auch den Ingenieur, der sich seither um eine hochfrequenztechnische Nebenwirkung seiner Geräte keine Sorge machte, zu Überlegungen, welche Entstörmittel er anwenden soll und wie diese die Wirkungsweise seiner Geräte beeinflussen.

2. Motor-Zündanlagen als Störer; Entstörmittel. — Die störende Wirkung der Zündanlage an Otto-Motoren, besonders auf den Kurzwellen- und Fernempfang, ist schon lange im In- und Ausland erkannt und untersucht worden, so daß diesbezüglich auf das Schrifttum [2, 3] verwiesen werden kann. Auch die einschlägigen Entstörmittel (Abschirmung, Entstörkondensatoren und Dämpfungswiderstände) sind dort beschrieben. Hingegen ist es von Interesse, den Einfluß der Entstörmittel auf den Ladevorgang näher zu untersuchen. An anderer Stelle [3] ist schon auf die im ersten Augenblick überraschende Tatsache hingewiesen worden, daß Benzinmotoren auch noch ohne Entstörmittel arbeiten können, wenn in die Zündleitungen an den einzelnen Zylindern Dämpfungswiderstände von je 100 kΩ eingebaut sind. Für die Entstörung ist es ausreichend und üblich, mit je etwa 20 kΩ zu arbeiten.

3. Das Ersatzschaltbild der Zündanlage. — Grundsätzlich enthält eine Zündanlage einen Transformator mit primärseitiger Niederspannungswicklung und sekundärseitiger Hochspannungswicklung sowie primären Schaltgliedern und einem sekundären Belastungskreis. Der Transformator wird entweder von einer Batterie gespeist (Batteriezündung) oder es wird in ihm mit Hilfe eines ständig veränderlichen magnetischen Flusses eine Wechselspannung erzeugt (Magnetzündung). In beiden Fällen wird die gewöhnliche Zündhochspannung dadurch erzeugt, daß in einem bestimmten Zeitpunkt ein Schalter (Unterbrecher) plötzlich den Primärstrom unterbricht. Zur Funkenlöschung ist der Unterbrecher von einem Kondensator (Zündkondensator) überbrückt. Nach Öffnen des Unterbrechers ist demnach abgesehen von niederohmigen Schaltgliedern (innere Widerstände der Batterie und der Primärspule), der Primärwicklung lediglich eine Kapazität parallelgeschaltet.

Transformiert man diese Parallelkapazität auf die Sekundärseite und faßt man unter  $L_1$  alle Induktivitäten, unter  $R_1$  alle ohmschen Widerstände und unter  $C_2$  die Parallelkapazitäten (einschließlich der abgehenden Leitungen) der leerlaufenden Zündanlage, unter  $L_3$  alle Induktivitäten (einschließlich des beim Fließen eines Entladestromes wirkenden Teiles der Streuinduktivität der Hochspannungsspule) und unter  $R_3$  alle ohmschen Widerstände

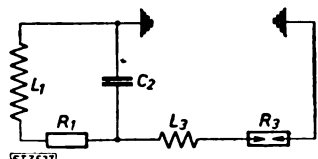


Bild 1. Ersatzschaltbild einer Zündanlage.

des äußeren Belastungskreises zusammen, so gelangt man zum Ersatzschaltbild der Zündanlage (Bild 1). Die Berechtigung für die Zusammenfassung der Wirk- und Scheinwiderstände liegt darin, daß es sich bei den im Folgenden betrachteten Vorgängen um Schwingungen mit Frequenzen der Größenordnung um 10 kHz handelt, die noch als quasistationäre Vorgänge betrachtet werden können. Die hintereinanderliegenden Funkenstrecken des Zündverteilers und der Zündkerze werden bei der Rechnung als negative Widerstände eingesetzt. Dem Sprachgebrauch [5] folgend, sei der Kreis  $L_1, R_1, C_1$  als Ladekreis, der Kreis über  $L_3, R_3$  als Entladekreis (Zündkreis) bezeichnet.

4. Der Ladekreis. — Solange die Spannung  $u_2$  am Kondensator  $C_2$  nicht die Höhe der Durchbruchsspannung der Funkenstrecken im Entladekreis  $u_D$  (rd. 7 kV) erreicht hat, schwingt der Ladekreis in seiner Eigenfrequenz  $\beta$  entsprechend der Differentialgleichung für den Ladekreisstrom  $i$ , der den Kondensator  $C_2$  auf seine Leerlaufhöchstspannung  $u_{max}$  (rd. 20 kV) aufzuladen sucht. Die Gleichungen für Ladekreisstrom  $i$  und Kondensatorspannung  $u_2$  lauten für ungestörten Ladekreis (Strom  $i_3$  im Entladekreis = 0):

$$i = A e^{\alpha t} \cos(\beta t - \varphi); \quad u_2 = B e^{\alpha t} \cos(\beta t - \psi) \quad (1)$$

mit den Konstanten:

$$\alpha = -R_1/2L_1; \quad \beta = \sqrt{1/L_1 C_2 - \alpha^2}; \quad A = BC_2(\alpha^2 + \beta^2); \quad (2)$$

$$\psi = \varphi + \arctan(\beta/\alpha).$$

wobei die Konstanten  $B$  und  $\varphi$  aus den Randbedingungen zu ermitteln sind. Bei Beendigung der Ladung ( $i_2 = 0$ ) wäre annähernd die Leerlaufhöchstspannung ( $u_{max}$ ) erreicht. Legt man mit Rücksicht auf die folgende Betrachtung den Zeitnullpunkt ( $t = 0$ ) auf den Beginn der Entladung, so ist zu diesem Zeitpunkt die Kondensatorspannung ( $u_2$ ) gleich der Durchbruchsspannung ( $u_D$ ) der Funkenstrecken.

5. Der Entladekreis. — Aus der homogenen Differentialgl. 3. Ordnung für den Entladestrom  $i_3$  ( $\theta = d/dt$ ):

$$[\theta^3 + (R_1/L_1 + R_3/L_3)\theta^2 + (R_1R_3/L_1L_3 + 1/L_1C_2 + 1/C_2L_3)\theta + R_1R_3/L_1C_2L_3]i_3 = 0 \quad (3)$$

und den Differentialgleichungen für die Spannung  $u_2$  am Kondensator  $C_2$  und den diesem zufließenden Ladestrom  $i_2$ :

$$u_2 = (L_3 \theta + R_3) i_3; \quad i_2 = C_2 \theta u_2 \quad (4)$$

mit den Substitutionen:

$$a = R_1/L_1 + R_3/L_3; \quad b = R_1R_3/L_1L_3 + 1/L_1C_2 + 1/C_2L_3; \quad (5)$$

$$c = R_1R_3/L_1C_2L_3$$

$$p = b - a^2/3; \quad q = 2a^3/27 - ab/3 + c \quad (6)$$

$$u = -q/2 + \sqrt{(q/2)^2 + (p/3)^3}; \quad v = -q/2 - \sqrt{(q/2)^2 + (p/3)^3} \quad (7)$$

$$\alpha_1 = -a/3 + \sqrt[3]{u} + \sqrt[3]{v}; \quad -\gamma = a/3 + (\sqrt[3]{u} + \sqrt[3]{v})/2; \quad (8)$$

$$\delta = \sqrt[3]{3(\sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v})/2}$$

$$a_1 = a_1 C_2 (\alpha_1 L_3 + R_3); \quad b_1 = C_2 [(\gamma^2 - \delta^2) L_3 + \gamma R_3]; \quad (9)$$

$$c_1 = -\delta C_2 (2\gamma L_3 + R_3)$$

$$m_1 = \alpha_1 L_3 + R_3; \quad p_1 = \gamma L_3 + R_3; \quad q_1 = -\delta L_3 \quad (10)$$

$$-\varphi_3 = \arctan\{[i_0(p_1 - m_1) + u_D(a_1 - b_1)] / (u_D c_1 - i_0 q_1)\} \quad (11)$$

$$A_3 = -i_0 \cos(-\varphi_3) [c_1 \sin(-\varphi_3) - (a_1 - b_1) \cos(-\varphi_3)] \quad (12)$$

$$B_3 = -A_3 / \cos(-\varphi_3) \quad (13)$$

$$P_1 = a_1 A_3; \quad M_2 = B_3 \sqrt{b_1^2 + c_1^2}; \quad \psi_2 = \varphi_3 + \arctan(c_1/b_1) \quad (14)$$

$$Q_2 = m_1 A_3; N_2 = B_3 \sqrt{p_1^2 + q_1^2}; \chi_2 = \varphi_3 + \arctg(q_1/p_1) \quad (15)$$

werden Entladestrom (Zündstrom  $i_3$ , Ladestrom  $i_2$ ) und Kondensatorspannung (Spannung am Zündkreis)  $u_2$ :

$$i_3 = A_3 e^{\alpha t} + B_3 e^{\gamma t} \cos(\delta t - \varphi_3) \quad (16)$$

$$i_2 = P_2 e^{\alpha t} + M_2 e^{\gamma t} \cos(\delta t - \psi_2) \quad (17)$$

$$u_2 = Q_2 e^{\alpha t} + N_2 e^{\gamma t} \cos(\delta t - \chi_2). \quad (18)$$

Dabei sind als Randbedingungen zur Bestimmung der Konstanten  $\varphi_3, A_3, B_3$  angenommen, daß zu Beginn der Entladung ( $t = 0$ , s. Abschnitt 4) der Entladestrom  $i_3$  gleich Null ist, die Spannung am Zündkreis  $u_2$  gleich der Durchbruchspannung  $u_D$  der Funkenstrecken und der Kondensatorladestrom  $i_2$  gleich dem Wert  $i_0$ , d. h. gleich dem Wert, den der Ladestrom  $i$  nach Abschnitt 4 zur Zeit  $t = 0$  annimmt (stetiger Übergang der Vorgänge von Abschn. 4 nach Abschn. 5).

Zündstrom  $i_3$ , Ladestrom  $i_2$  und Spannung am Zündkreis  $u_2$  haben ähnlichen Verlauf. Sie haben je einen mit der Zeit abklingenden Gleichstrom- bzw. Gleichspannungsanteil und je einen mit der Zeit abklingenden Schwingungsanteil. Die Exponentialkoeffizienten  $\alpha$  und  $\gamma$  sind dieselben, desgleichen die Frequenzen  $\delta$ . Die Faktoren  $A_3, P_2, Q_2, B_3, M_2, N_2$  und die Nullphasenwinkel  $\varphi_3, \psi_2, \chi_2$  sind verschieden.

6. Auswertung. — Errechnet man nach obigen Gleichungen den Verlauf des Zündstromes für verschiedene Dämpfungswiderstände und berücksichtigt man, daß bei kleinsten Stromstärken der Widerstand der Funkenstrecken gegen Unendlich geht, so erhält man Kurven nach Bild 2. In Bild 3 sind die Höchstwerte  $I$  des Zündstromes  $i_3$  über dem Dämpfungswiderstand  $R_3$  aufgetragen und zum Vergleich die Stromspitze  $I_1$ , multipliziert mit dem dazugehörigen Widerstandswert  $R_1$  und dividiert durch den jeweiligen Widerstandswert  $R_3$  (relativer Strom). Ferner sind die von der Stromzeitkurve begrenzte Elektrizitätsmenge  $q$  und das Verhältnis  $\eta$  der Elektrizitätsmenge bis zum ersten Tiefpunkt zu der Gesamtelektrizitätsmenge aufgetragen. Bild 4 zeigt die Abhängigkeit der Frequenz von Zündstrom und Spannung am Entladekreis, ferner die Zeit der ersten Zünd-

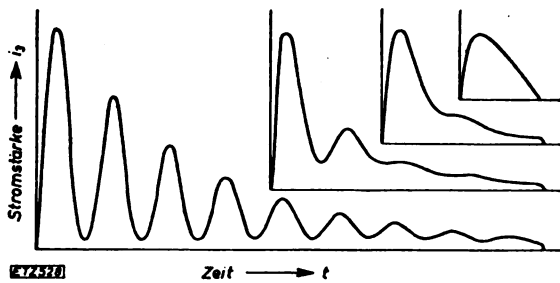


Bild 2. Verlauf des Entladestromes (Zündstromes)  $i_3$  bei verschiedenen Dämpfungen.

stromspitze  $I_1$  und die Zeit  $t_{1U}$  der ersten Spannungsspitze in Abhängigkeit vom Dämpfungswiderstand  $R_3$ . Beim Widerstand 0 ist die Frequenz am höchsten, beim Widerstand gegen Unendlich nähert sie sich der Eigenfrequenz des ungestörten Ladekreises. Der Übergang erfolgt über ein aperiodisches Gebiet (gestrichelt eingezeichnet). In diesem Gebiet treten an Stelle der Kreisfunktionen in den vorstehenden Gleichungen die entsprechenden Hyperbelfunktionen. In den Stromkurven ist das aperiodische Gebiet dadurch erkennbar, daß hier zum ersten Male nur noch eine Stromspitze auftritt (3. Kurve in Bild 2). Der Übergang in den Stromkurvenformen läßt jedoch eine Änderung des Gleichungscharakters nicht erkennen, da bei den folgenden periodischen Verläufen das starke Abklingen der Gleichstromkomponente überwiegt. Aus Bild 5 ist ersichtlich, wie die Spannung  $u_2$  am Entladekreise mit steigendem Dämpfungswiderstand  $R_3$  ansteigt, während sich ihr das Produkt  $R_3 i_3$  aus Dämpfungswiderstand und Zündstrom immer mehr in

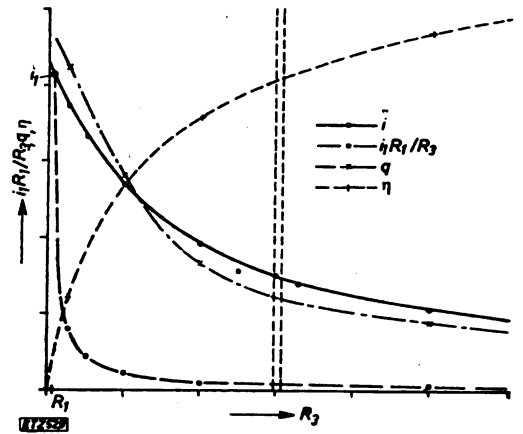


Bild 3. Höchstwerte  $I$  des Entladestromes, relativer Strom  $i_1 R_1/R_3$ , Elektrizitätsmenge  $q$  und Elektrizitätsmengenverhältnis  $\eta$  in Abhängigkeit von dem resultierenden Widerstand  $R_3$ .

der Größe nähert. Ferner ist der Phasenwinkel  $\epsilon$  zwischen der Spannung  $u_2$  und dem Zündstrom  $i_3$  in Funktion des Widerstandes  $R_3$  aufgetragen. Die Bilder 6a und b, die beide über der Zeit  $t$  die Zündkreisspannung  $u_2$  und den Spannungsabfall  $R_3 i_3$  am resultierenden Dämpfungswiderstand in ihrer ersten Halbwellen, einmal bei niedrigem (a) und das andere Mal bei hohem (b) Dämpfungswiderstand zeigen, lassen die Annäherung der beiden Spannungskurven und den Rückgang des induktiven Spannungsabfalles (durch eingetragene Pfeile angedeutet) und die zeitliche Verschiebung des Spannungshöchstwertes deutlich erkennen.

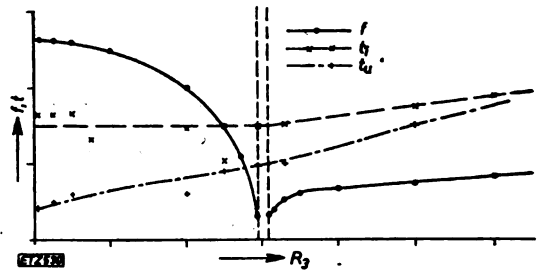


Bild 4. Frequenz  $f$  der Schwingung des Entladestromes, Zeit der ersten Stromspitze  $t_1$  und der ersten Spannungsspitze  $t_{1U}$  in Abhängigkeit vom Widerstand  $R_3$ .

7. Folgerungen und Vergleich mit der Erfahrung. — Ohne quantitative Angaben machen zu wollen, die bei den verschiedenen Zündanlagen zu verschiedenen Zahlenwerten führen, kann man aus der vorstehenden Auswertung einige für die Praxis wichtige qualitative Schlüsse ziehen.

a) Man kann in die Zündleitung Dämpfungswiderstände einschalten, ohne die für den eigentlichen Zündvorgang erforderliche Energie wesentlich zu beeinträchtigen. Die erste Zündstromspitze nimmt in Funktion des Widerstandes wesentlich weniger ab, als man nach dem Widerstandswert zu erwarten versucht ist (Bild 3). Gleichzeitig verschiebt sich infolge der Frequenzsenkung (Bild 4) die Spannung des Entladekreises mit ihrem Hauptteil auf den Spannungsabfall am Widerstand (einschließlich Funkenstrecken, Bild 5). Berücksichtigt man ferner die Charakteristik der Gasentladungstrecken, bei denen zu einem kleineren Strom ein größerer Spannungsabfall gehört (negativer Widerstand), so kann man die Funkenstrecke der Zündkerze als eine Art selbsttätigen Leistungsregler betrachten. Hinzu kommt die Verbreiterung der ersten Stromspitze (Bild 2), was eine Verlängerung der Zeit bedeutet, in der die Entladungsenergie dem ersten und eigentlichen Zündvorgang zur Verfügung steht. Im Zusammenwirken dieser Tatsachen liegt die Erklärung für die zunächst überraschende Beobachtung, daß auch bei hohen Werten von Dämpfungswiderständen ein einwandfreies Arbeiten von Otto-Motoren festgestellt worden ist [3. 4].



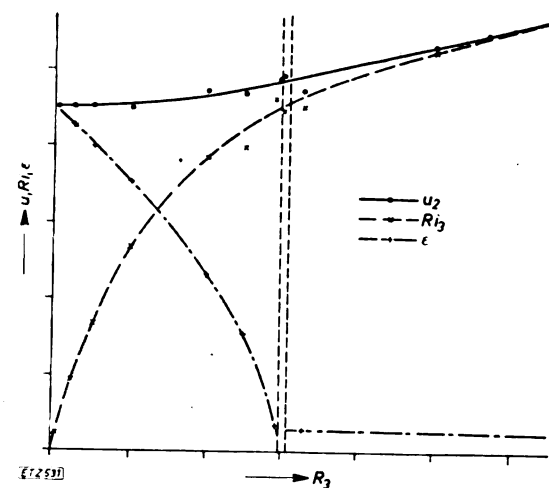


Bild 5. Spannung am Entladekreis  $u_2$ , Spannungsabfall  $R_1 i_1$  und Phasenwinkel  $\epsilon$  in Abhängigkeit von dem Widerstand  $R_1$ .

b) Schon verhältnismäßig kleine Widerstände bewirken eine merkliche Dämpfung der Schwingung (Bild 2) und den Rückgang der den Elektrodenabbrand verursachenden abießenden Elektrizitätsmenge ( $q$  in Bild 3). Tatsächlich wurden mit entstörten Kerzen sehr große Fahrkilometerzahlen erreicht [3].

c) Für die Festlegung von Toleranzen für Dämpfungs-widerstände ist zu beachten, daß eine Abweichung eines Widerstandes vom Sollwert nach niedrigen Werten größere Folgen hat als eine Abweichung nach höheren Werten (Bild 3). Nach rein empirischen Feststellungen wurden für Entstörwiderstände neuerdings die Werte 10 k $\Omega$ , — 20% bis 40% vorgeschlagen.

d) Eine größere Erhöhung der Spannung am Entladekreis tritt erst bei hohen Widerstandswerten auf (Bild 5). Entstörkerzen mit eingebauten Entstörwiderständen können seither mit denselben Abmessungen des Isolators gebaut werden wie normale Kerzen. Nur wo eine Vergröße-

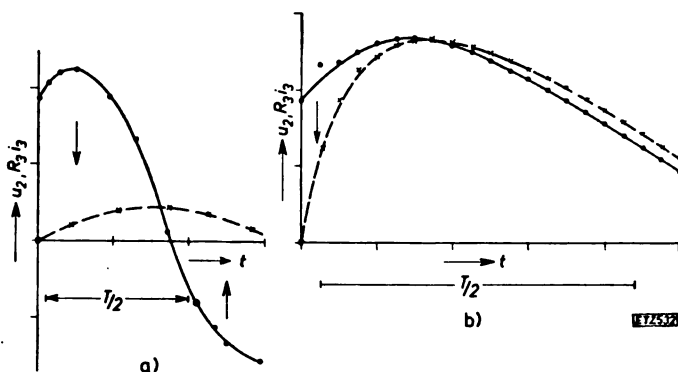


Bild 6. Erste Halbwellen der Spannung am Entladekreis  $u_2$  und des Spannungsabfalles  $R_1 i_1$ : a) bei kleinem, b) bei großem Widerstand  $R_1$ .

rung des Elektrodenabstandes vorgesehen ist, muß auch eine größere Kriechstrecke zur Verfügung stehen.

e) Eine merkliche Verschiebung der ersten Zündspitze in Richtung späterer Zeit (Anstieg von  $t_1$ , Bild 4) ist erst bei großen Widerständen als Spätzündung bemerkbar [4].

Der grundsätzliche Ablauf der berechneten Entladungskurven (Bild 2) zeigt sich auch bei oszillographischen Beobachtungen. Daß die rechnermäßig rein zyklisch-periodischen Schwingungen im Oszillogramm (zu Spitzen) verzerrt sind, erklärt sich aus den Eigenschaften der Funkenstrecken (Hysteresis und Inkonzanz von Länge bzw. Gasdruck).

**Schrifttum**

- [1] Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten nebst Verwaltungsanweisung. Amtsblatt d. Bundesm. f. d. Post- u. Fernmeldewesen Nr. 75 (1950) S. 383 ... 397.
- [2] W. Scholz: Neue Aufgaben der Funkenstörung. Fernmeldetechn. Z. 1 (1948) S. 233.
- [3] H. Mackh u. Fr. Moeller: Funkenstörung der Zündung von Kraftfahrzeugen. Fernmeldetechn. Z. 3 (1950) S. 81. Referat in ETZ 71 (1950) S. 441.
- [4] H. Mackh u. Fr. Moeller: Die Beeinflussung der Motorzündung durch Entstörmittel. Motortech. Z. 1951.
- [5] E. Seiler: Elektrische Zündung, Licht und Anlasser der Kraftfahrzeuge. 7. bis 9. Aufl. W. Knapp, Halle/Saale 1948.

**Die wichtigsten Absatzgebiete für elektrotechnische Erzeugnisse**

DK 382.5/.6 : 621.3

Mehr als 60% der deutschen Ausfuhr entfallen auf Fernwaren. Diese werden statistisch getrennt in Vorerzeugnisse und Enderzeugnisse. Dabei sind die monatlichen Schwankungen erheblich. Im September wurden 22,6% Vorerzeugnisse und 40,9% Enderzeugnisse exportiert. Im Oktober waren es 25,3% Vorerzeugnisse und 43,8% Enderzeugnisse. Bei der weiter anzustrebenden Steigerung des Exports soll es sich in erster Linie um die Enderzeugnisse, so die eigentlichen Fertigwaren, handeln, wobei der Exporterlös für die Devisendecke zur Bezahlung der Importe im Ernährungssektor und der Rohstoffe sorgen muß. Von dem Überschuß der Ausfuhrwerte über die Einfuhrwerte sind wir noch weit entfernt. Man muß damit rechnen, daß eine Exportsteigerung erst auf lange Sicht den gewünschten Stand der Handelsbilanz sichern kann. Vorläufig ist die Handelsbilanz noch immer passiv und der Debetsaldo erheblich.

Auf die Absatzgebiete in Europa entfallen 77% der gesamten Exportziffer, wobei die Niederlande an der Spitze der Ausfuhr stehen, es folgen Belgien-Luxemburg und Frankreich, in einigem Abstand Italien, die Schweiz, Schweden, Großbritannien, Dänemark, Österreich, Jugoslawien, das Saargebiet und Ungarn. Für die ersten 9 Monate 1950 betragen die Ausfuhrwerte zwischen 105 Mio. DM (Ungarn) und 808 Mio. DM (Niederlande). Alle andere Europagebiete hatten kleinere Anteile an der Gesamtziffer. Die Grundlagen der Handelsbeziehungen zu den Handelspartnern geben Handelsverträge, die bisher nur mit kurzen Fristen abgeschlossen wurden, nunmehr aber durch langfristige Abmachungen ersetzt werden sollen, wie kürzlich durch Vizekanzler Blücher

angekündigt wurde. Wir müssen uns darüber klar sein, daß die Erfolge jeder einzelnen Warengruppe im Export nicht allein von Qualitätsleistungen abhängen, sondern auch von sorgfältig vorbereiteten Verträgen zur Förderung der gegenseitigen Beziehungen. In diesem „gegenseitig“ liegt der Haken. Wenn Dänemark Butter liefern und Rohstoff erhalten will, während wir Fertigfabrikate anbieten, bedarf es großer Anstrengungen, um einen Rahmenvertrag zu erhalten. Die Handelsbilanz mit Dänemark per 30. September weist einen Debetsaldo von 95 Mio. DM aus, der vorzugsweise durch Lieferungen von Fertigfabrikaten ausgeglichen werden muß. Im Verkehr mit Frankreich (Einfuhrüberschuß nur wenige Mio. DM, Handelsbilanz also fast ausgeglichen) könnte die Bundesrepublik Rohstoffe und Produkte verschiedener Spezialindustrien aufnehmen, dagegen arbeitsintensive Massenfabrikate liefern. Das neue Abkommen mit Griechenland sieht die Lieferung von 35 000 t griechischen Tabaks an deutsche Abnehmer vor (1950 in 9 Monaten nur 2 000 t geliefert), damit können Ein- und Ausfuhr ausgeglichen werden. Durch das neue Abkommen mit Großbritannien wird Deutschland an die Rohstoffquellen des Sterlinggebietes herangeführt und deutschen Exporteuren eine Steigerung der Umsätze ermöglicht werden. Das Abkommen ist unbefristet und wirkt sich auch günstig für unsere Handelsbeziehungen zu Südafrika usw. aus. In Verhandlungen mit Italien haben die Sorgen des deutschen Exporteurs über eine Abwehrwirkung der neuen italienischen Zölle eine Rolle gespielt. Das langfristige Handelsabkommen mit Jugoslawien sichert deutsche Lieferungen mit einem Gesamtbetrag von fast 150 Mio. DM

(nachdem es sich in den ersten 9 Monaten um 124 Mio. DM gehandelt hat). Der Handelsvertrag mit den Niederlanden wird als der modernste Vertrag dieser Art bezeichnet. Der deutsch-holländische Verkehr hat einen starken Aufschwung genommen, der Gesamtumsatz liegt in Ein- und Ausfuhr (Jan./Sept. 1950) über 800 000 DM. Die Schweiz bezog in den ersten 9 Monaten 1950 mehr als 10% ihrer Importe aus Deutschland, das waren insgesamt 326 Mio. DM, für schweizerische Lieferungen an deutsche Abnehmer standen 241 Mio. DM dagegen. Man rechnet mit einer weiteren Umsatzsteigerung in beiden Richtungen.

Mögen diese Beispiele genügen, um den Hintergrund der praktischen Exportarbeit aufzuzeigen.

Im Export elektrotechnischer Erzeugnisse sind Erfolge festzustellen, die in folgenden Ziffern ihren Niederschlag finden:

	dz	Mio. DM
Ausfuhr		
Jan./Sept. 1950	354 000	187,810
Jahr 1949	179 606	95,877
Jahr 1936	1 317 535	258,314
Einfuhr		
Jan./Sept. 1950	30 668	36,434
Jahr 1949	45 438	28,732
Jahr 1936	33 474	17,629

Damit ergibt sich für die Erzeugnisse einschl. elektrischer Maschinen 1950 ein Monatsdurchschnitt von 20,8 Mio. DM gegen 8,0 Mio. DM in 1949. Das bedeutet eine Zunahme um 160%. Der 1936 ermittelte Durchschnitt von 21,5 Mio. RM ist damit fast erreicht.

Die Gegenüberstellung der Ein- und Ausfuhrziffern zeigt einen Ausfuhrüberschuß von 151,4 Mio. DM. Die Einfuhr macht rd. 20% der Ausfuhrwerte aus. (Inzwischen sind die Ergebnisse der Bundesstatistik für das ganze Jahr 1950 herausgekommen, die folgendes Bild ergeben:

	dz	Mio. DM
Ausfuhr	581 149	308,11
Einfuhr	45 395	53,41

was nunmehr einen Ausfuhrüberschuß von rd. 255 Mio. DM errechnen läßt, — eine Einfuhrquote von 17% der Ausfuhr).

Nunmehr geben wir zunächst eine Zusammenstellung der Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse nach den Europa-gebieten, wobei als Hauptabnehmer auftreten: die Niederlande mit 15%, Schweden mit 8,7% Österreich mit 6%, Jugoslawien mit 6% usw.:

	dz	Mio. DM
Belgien-Luxemburg	26 469	3,085
Bulgarien	264	0,680
Dänemark	11 794	5,738
Finnland	3 137	3,303
Frankreich	6 888	6,130
Saargebiet	8 312	7,046
Griechenland	8 886	4,726
Großbritannien	165	0,321
Irland	3 200	1,413
Island	1 283	0,314
Italien	11 132	8,064
Jugoslawien	21 411	10,409
Niederlande	61 586	29,144
Norwegen	14 798	6,555
Österreich	14 020	11,006
Polen	560	1,108
Portugal	6 100	2,580
Rumänien	369	0,544
Schweden	25 331	16,560
Schweiz	24 582	8,246
Spanien	2 096	1,418
Tschechoslowakei	1 493	3,090
Ungarn	7 063	4,747

Damit entfallen auf Europa insgesamt etwa 70%. Von diesen Gebieten sind mit größeren Quoten an der Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse nach der Bundesrepublik beteiligt: Großbritannien mit 2,1 Mio. DM, Italien mit 3,5 Mio. DM, die Niederlande mit 11,4 Mio. DM, Österreich mit 2,9 Mio. DM, Schweden mit 1,5 Mio. DM, die Schweiz mit 6,7 Mio. DM. Wenden wir uns nach dieser Zwischenbemerkung wieder den Exportergebnissen zu.

Im Gesamtgebiet von Afrika liegen Ägypten (mit 57 Mio. DM) und die Union von Südafrika (mit 11 Mio. DM) über dem Durchschnitt anderer Länder. Belg. Kongo, Kenya und Uganda, die Goldküste, Nigeria, Franz. Marokko und Franz. Westafrika verzeichnen Millionenbeträge. Die Vorkriegsziffern sind damit bei den beiden führenden Gebieten überschritten, doch kommen wir für Afrika insgesamt auf einen Satz von nur 3,3% der Gesamtexporte. Auch in der Vorkriegszeit war der Afrikaanteil geringer als der anderer Erdteile — von Australien abgesehen. Mit Ägypten ist kürzlich ein neues Abkommen abgeschlossen worden, nach dem Ägypten für 52 Mio. US-\$ Rohstoffe usw.,

in erster Linie Baumwolle, liefert. An den deutschen Gegenlieferungen sind fast alle Gruppen von Fertigfabrikaten beteiligt. Die Union von Südafrika hat ihren Wirtschaftsminister nach Westdeutschland geschickt mit dem Ziel den gegenseitigen Warenverkehr zu steigern, was ohne Vertrag bei freiem Import- und Exportmarkt geschehen soll. Belg. Kongo handelt es sich um ein Wirtschaftsgebiet das fünfmal so groß ist wie Deutschland von 1938; es lassen sich noch Waren im Werte von mehr als 50 Mio. DM geliefert werden, um die Bilanz des Handelsverkehrs auszugleichen. Weitere interessante Feststellungen liegen für verschiedene Afrikagebiete vor, die eine Steigerung der Gesamtziffer für Afrika auf  $\frac{1}{4}$  Mia. DM oder 300 Mio. DM wahrscheinlich gelten lassen.

In dieser Verbindung sind die Exportziffern für elektrotechnische Erzeugnisse für Jan./Sept. 1950 in folgender Zusammenstellung interessant:

	dz	DM
Ägypten	6 964	1 588 000
Belg. Kongo	583	134 000
Union von Südafrika	1 180	937 000
Franz. Marokko	201	116 000
Mocembique	2 087	464 000
Port. Westafrika	597	757 000
Spanische Gebiete in Afrika	230	157 000

In die Reihe der Asiengebiete gehört nach neuerer Gepflogenheit der Türkei, die etwa 38 vH der Exporte für Asien aufnimmt. Es folgen Indien mit 9 vH, Indonesien mit 7 vH, Iran, Hongkong, Japan, Arabien, China, die Philippinen, Syrien-Libanon, Thailand (Siam), Brit. Malaya und Ceylon mit kleineren Quoten, immerhin aber mit Anteilen, die zwischen 6 und 30 Mill. DM liegen. Die Türkei gleicht die deutschen Lieferungen aus durch Lieferung von Baumwolle, Obst und Südfrüchten, Ölfrüchten usw. Indien strebt eine weitere Steigerung der Außenhandelsumsätze mit Deutschland an. Indonesien hat durch große Lieferungen von Kautschuk, Ölfrüchten, Kaffee, Rohtabak im Werte von 170 Mill. DM größere deutsche Exporte ermöglicht. Mit Pakistan sind weitere große Umsätze in Vorbereitung, wobei durch deutsche Lieferungen noch ein Saldo von 25 Mill. DM ausgeglichen werden muß. Bei Persien (Iran) fanden sich in der Zeit zwischen den beiden Weltkriegen große Umsätze mit Deutschland, nunmehr wird von Teheran aus der Wiederaufbau der alten Handelsbeziehungen angestrebt. Arabien liefert Erdöl und Teer und schafft so die Voraussetzung für deutsche Exporte. Die deutschen Lieferungen nach Siam sind auf Grund neuer Verhandlungen steigerungsfähig und werden bereits weit übertroffen durch die Umsätze mit Japan (bisher 26 Mill. DM). Wenden wir den Blick nach Australien, so finden wir im Austral. Bund ein Gebiet, das 1950 eine Gesamtziffer von 100 Mill. DM für den Ankauf deutscher Waren ausgeben wird und diese Quote noch steigern kann.

Die Anteile der elektrotechnischen Erzeugnisse für diese Gebiete betragen:

	dz	Mio. DM
China	1 259	0,248
Iran (Persien)	4 824	2,151
Israel	322	0,297
Syrien-Libanon	2 500	0,910
Türkei	29 953	12,354
Thailand (Siam)	116	0,111
Indien	3 824	2,066
Pakistan	192	0,125
Hongkong	363	0,187
Indonesien	10 077	2,411
Austral. Bund	811	0,375

Endlich kommen für die Exporte die Absatzgebiete Nord-, Mittel- und Südamerika in Betracht, an der Spitze die USA mit einem Anteil von mehr als 200 Mill. DM, die die Importe nur mit 20 vH deckt. Bestrebungen zur Abdeckung des Defizits sind von großer Bedeutung, es kommt bei auf die Belebung der Ausfuhr echter Erzeugnisse hinaus. Brasilien hat durch einen neuen Handelsvertrag die Voraussetzung geschaffen, daß die deutsche Gesamtziffer von 1949 alsbald verzehnfacht wird und annähernd  $\frac{1}{2}$  Mia. DM erreicht. Argentinien hat ebenfalls mit Westdeutschland einen Vertrag abgeschlossen, doch bleibt die Umsätze noch hinter den Vorkriegsziffern zurück. Eine neue Abmachung auf der Basis von 100 Mio. US-\$ steht aus, ist noch ungewiß. Bei Chile ist die Höhe der Ausfuhrwerte neuerdings stark ansteigend. Im Vertrag mit Peru ist vertragsmäßig eine Jahresquote von 12 vH US-\$ vorgesehen. Bei Columbien sind teilweise Einfuhrsperrn erfolgt, weil man ausländische Industrien

ins Land ziehen möchte, doch sind 1950 viele deutsche Fertigfabrikate geliefert worden. Venezuela begrüßt eine Intensivierung des venezuelischen Handels mit Deutschland, was eine deutsche Wirtschaftsdelegation vor einigen Monaten betont hat. In Paraguay werden, wie dort amtlich festgestellt wurde, die deutschen Exporteure einen nach deutschen Waren hungernden Markt finden. Bei Bolivien gelang die Erhöhung der Absatzziffern für deutsche Fertigfabrikate bisher nur in geringem Ausmaß, wofür die politische Krisenstimmung in Bolivien selbst die Ursache ist. Canada, Hauptabnehmer für USA-Exportwaren, ist auch für Großbritannien ein guter Handelspartner. Gegen diese beiden Kräfte im Wettbewerb hat der deutsche Lieferant einen schweren Stand, was sich in der monatlichen Umsatzziffer von 3 Mill. DM auch ausprägt.

Für elektrotechnische Erzeugnisse kommen wir für Jan./Sept. 1950 zu folgenden Exportziffern:

	dz.	Mio. DM
USA	815	1,191
Canada	206	0,240
Cuba	61	0,158
Guatemala	161	0,126
Mexiko	1 347	0,479
Argentinien	2 148	2,328
Bolivien	223	0,236
Brasilien	11 565	4,802
Chile	757	0,544
Columbien	3 128	2 183
Ecuador	272	0,134
Paraguay	220	0,181
Peru	179	0,182
Uruguay	2 996	1,743
Venezuela	581	0,572

Diese Ergebnisse sind ein Beitrag zur allgemeinen deutschen Exportleistung, die hoffentlich bald zu einem Überschuß der Ausfuhr über die Einfuhr führt.

Erwin Stein

## Eine elektrische Modellregelstrecke für große Laufzeiten

Von Otto Schäfer, Frankfurt a. M.

DK 621.316.7.6

**Übersicht.** Eine Anordnung wird beschrieben, mit der die Übergangsfunktion von Heiz- und Förderanlagen nachgebildet werden kann. Anlagen dieser Art zeichnen sich durch eine charakteristische Verzögerung zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße („Laufzeit“) aus, welche einen wesentlichen Einfluß auf die Auswahl eines selbsttätigen Reglers hat. Die neue Modellregelstrecke ist besonders zur Nachbildung umfangreicher Anlagen mit einer Laufzeit zwischen einigen Sekunden und Stunden geeignet.

Die Aufgabe, zu einer gegebenen Regelstrecke den passenden, d. h. die optimale Regelgüte gewährenden Regler zu finden, ist im allgemeinen um so schwieriger zu lösen, je mehr Verzögerungsglieder die Regelstrecke aufweist. Die Anzahl der Energiespeicher bestimmt die Ordnung der die Strecke beschreibenden Differentialgleichung; der Grenzfall ist die Strecke mit Laufzeit, deren Differentialgleichung partiell, deren Stammgleichung transzendent ist. Obgleich gerade Strecken mit großer Laufzeit (Ofenanlagen, Gemischregelung u. dgl.) in vielen Fällen befriedigend mit ganz einfachen Auf-Zu-Reglern mit Rückführung betrieben werden können, dürfte wahrscheinlich oft — mangels einer leicht zu handhabenden Berechnungsmethode — eine Reihe von Modellversuchen zu besseren Ergebnissen führen; zum mindesten kann dadurch vor dem Zusammenbau die Auswahl und Einstellung des Reglers sehr erleichtert werden.

Wenn eine Zeittransformation im Modell zulässig ist, sind wohl elektrische Modelle [1] in ihrer Anpassungsfähigkeit allen anderen überlegen. Leider aber ist es aus technologischen Gründen nicht ganz einfach, mit den Bauelementen der Elektrotechnik die Zeitkonstanten zu verwirklichen, wie sie bei praktischen Aufgaben zumeist auftreten. Die Größenordnung von 10 s dürfte etwa die obere Grenze darstellen. Entsprechend können auch aus Spulen und Kondensatoren elektrische Laufzeitstrecken („künstliche Leitungen“) gebaut werden, doch erfordert schon eine Laufzeit von der Größen-

ordnung 1 s einen sehr großen Aufwand. Daher haben Modellregelstrecken, die als Träger des Signals eine strömende Flüssigkeit [2] verwenden, eine besondere Bedeutung. Im folgenden soll eine Modellregelstrecke für lange Laufzeiten (> 10 s) beschrieben werden, welche ausschließlich mit elektrischen Teilen arbeitet, nahezu reinen Laufzeit-Charakter hat und eine Verstell-Leistung abgibt, die für zahlreiche technische Regler hinreicht.

Das Prinzip geht aus Bild 1 hervor; der Kern des Gerätes ist eine runde Scheibe, deren Umfang einen magnetisierbaren Werkstoff trägt. In Bild 2 bedeutet A die Scheibe in der Seitenansicht. Die Eingangsgröße wird durch einen Elektromagneten M mit geeigneten Polshuhen erzeugt, deren magnetisches Moment, das am Umfang erzeugt wird, ist in sehr weiten Grenzen dem Eingangsstrom proportional. Wird die Scheibe mit einer konstanten Geschwindigkeit gedreht, so erscheint nach einer bestimmten Laufzeit die magnetisierte Stelle vor dem Fühler F. Dieser besteht aus

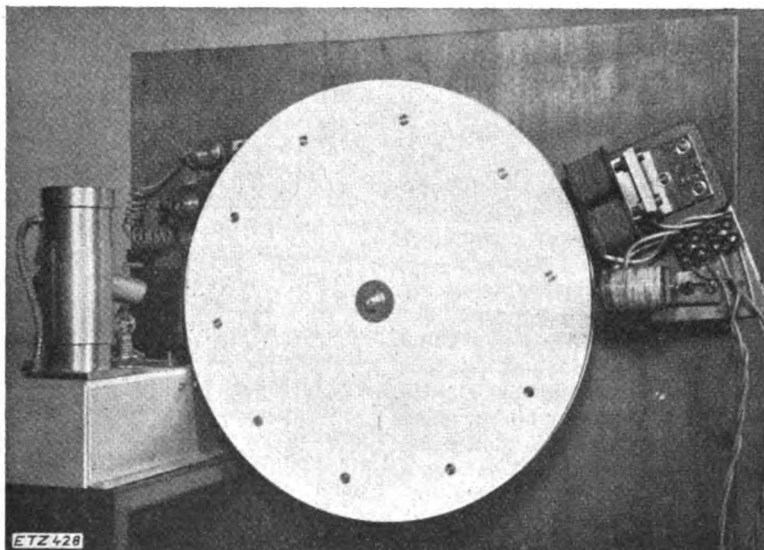


Bild 1. Ansicht der Modellregelstrecke.

einer Art Magnetometer, einer kleinen Magnetnadel in Spannbandaufhängung mit aufgesetztem Spiegel. Die Anordnung kann leicht so getroffen werden, daß die Auslenkung des Spiegels der Magnetisierung des Scheibenrandes, also dem Eingangsstrom, verhältnismäßig ist. Nun folgt, um auf eine technisch brauchbare Ausgangsgröße zu kommen, ein einstufiger Photozellenverstärker. Je nach der Stellung des Magnetometers wird die Photozelle P mehr oder weniger belichtet, entsprechend ändert sich der Anodenstrom der Verstärkeröhre. Ein wesentliches Merkmal dieser Anordnung ist also, daß Eingangs- und Ausgangsgröße elektrische Ströme bequemer Größenordnung sind; zwischen Eingang und Ausgang besteht keine elektrische Verbindung.

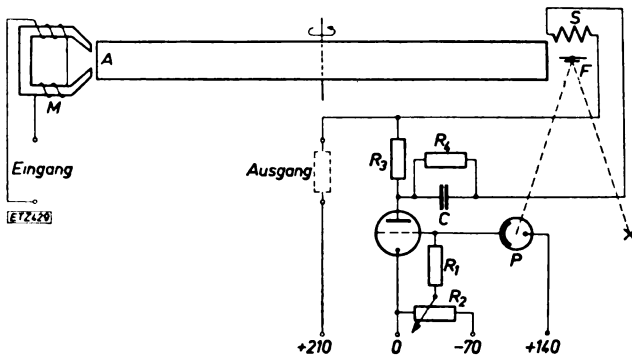
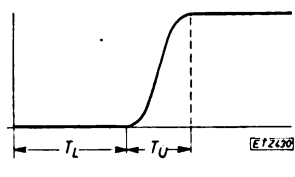


Bild 2. Schema der Modellregelstrecke.

In der bisher beschriebenen Form stört die viel zu geringe Eigendämpfung des Magnetometers und der kleine Linearitätsbereich, der in erster Linie von dem Photozellen-  
eingang herrührt. Da die Empfindlichkeit ohnehin zu groß war, wurde eine Gegenkopplung eingeführt: durch die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  wird ein dem Anoden- (Ausgangs-) Strom proportionaler Strom erzeugt, der durch ein hinter dem Magnetometer angebrachtes Spulenpaar  $S$  fließt. Damit ergibt sich eine starre Rückführung, welche die Empfindlichkeit verringert, die Linearität verbessert. Die zu geringe Dämpfung hätte durch eine Flüssigkeitsfüllung des Gehäuses erhöht werden können, doch wurde auch hier eine elektrische Schaltung gewählt: durch den Kondensator  $C$  wird der 1. Differentialquotient der Ausgangsgröße rückgeführt und damit eine aperiodische Einstellung bewirkt.  $R_1$  ist der Gitter-Ableitwiderstand ( $\approx 10 \text{ M}\Omega$ ), der Spannungsteiler  $R_2$  dient zur Einstellung des Arbeitspunktes. Ein Stabmagnet in der Umgebung des Magnetometers gestattet, den Nullpunkt der Regelgröße in die Mitte oder an ein Ende des Aussteuerbereiches zu legen.

In der Versuchsausführung besteht das Meßwerk aus einem Stahlplättchen von 18 mm Länge und 4 mm Breite, das nach den Enden zu auf 2,5 mm verjüngt ist. Als magnetischer Träger diente ursprünglich der Rand einer sorgfältig geglähten Eisenscheibe. Wegen nicht zu beseitigender Inhomogenitäten der Permeabilität, welche unregelmäßige Änderungen der Nullage hervorriefen, wurde eine Scheibe aus einem geeigneten Kunststoff hergestellt, die in einer Nut am Rande etwa 30 Lagen Magnetophonband (Sorte C) trägt. Damit wurde bei verbesserter Empfindlichkeit der Nullpunkt sehr stabil. Schon in der vorliegenden Form hat sich die magnetostatische Aufzeichnung hervorragend bewährt. Vermutlich könnte durch einen Spezialwerkstoff die Anlage noch verbessert werden; Gerber [3] beschreibt ein Registriergerät mit mehreren aus Alnico-Pulver aufgebauten Ringscheiben, die radial magnetisiert werden und mit kleinen Magneten ausgestattete Schalfedern betätigen können. Wenn das magnetische Moment der Aufzeichnung bei gegebenem Bedarf an Eingangsleistung gesteigert werden kann, so ist ein Magnetometer mit kürzerer Einstellzeit verwendbar. Immerhin sind die bisher erreichten Daten für den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichend.

Auf der Ansicht des Versuchsgerätes (Bild 1) sind die wesentlichen Teile zu erkennen: An der linken Seite der Scheibe steht der Photozellenverstärker; der kleine geschwärtzte Kasten unmittelbar am linken Rande enthält das Meßgerät. Darüber ist ein Getriebemotor mit Reibrolle zu erkennen. Auf der rechten Seite ragt das Ende eines koaxial mit der Scheibe gelagerten Tragarmes heraus, der in jeder Lage festgestellt werden kann und in der gezeichneten Stellung unten den Aufsprechmagneten  $M$  und oben den Löschmagneten trägt; die Abschirmhaube ist entfernt. Je nach der Stellung des Tragarmes kann die Laufzeit bei fester Umdre-



$T_L$  Laufzeit,  $T_U$  Übergangs- (Einstell-) Zeit

Bild 3. Übergangsfunktion der Modellstrecke (schematisch).

hungsgeschwindigkeit im Bereich 1:5 stetig geändert werden. Ein Bereich von  $\pm 60^\circ$  vom Fühler ab gerechnet kann nicht benutzt werden. Der Löschkopf ist ein Wechselstrommagnet, der mit 50 Hz gespeist wird.

Die Kennwerte des Gerätes sind: Umfang der Scheibe 86 cm, die Schwingungsdauer des Fühlers  $F$  ist 0,5 s; durch die Stabilisierung erhöht sich die Einstellzeit  $T_U$  (Bild 3) auf 1,4 s. Da das Magnetometer nicht beliebig dicht an die Scheibe herangerückt werden kann und die Polschuhe des Aufsprechmagneten  $M$  eine gewisse Verschleifung bewirken, nimmt die Aufzeichnung einer plötzlichen Änderung des Eingangstromes auf dem Umfang der Scheibe 2,4 cm in Anspruch. Daraus berechnet sich die größte ausnutzbare Geschwindigkeit der Scheibe von 1,2 U/min. Aus der kleinsten Entfernung zwischen  $M$  und  $F$  folgt die kleinste Laufzeit zu  $T_L \approx 8 \text{ s}$ ; wobei  $T_L/T_U \approx 6$  ist. Die größte Laufzeit ist beliebig, denn die Aufzeichnung hält sich unbegrenzt. Wird die größte Entfernung zwischen  $M$  und  $F$  eingestellt, so ist  $T_L/T_U \approx 30$ . In Gegensatz zu anderen Modellregelstrecken, insbesondere solchen, die als Träger eine Flüssigkeitsströmung benutzen, nimmt die Übergangszeit mit steigender Laufzeit nicht zu, sondern bleibt konstant. Der Anodenstrom der Verstärkerröhre (Anfangsstufentriode) ist linear zwischen 3 und 10 mA, die maximale Bürde ist 3 k $\Omega$ . Der maximale Leistungsbedarf des Aufsprechmagneten ist  $\approx 0,4 \text{ W}$  bei einseitiger Aussteuerung, der Löschmagnet braucht etwa 2,5 VA.

Der Hauptzweck des geschilderten Gerätes ist die Nachbildung von Regelstrecken mit Laufzeit. Da die Ausgangsleistung sowohl für elektropneumatische Relais als auch für magnetische Verstärker und die größten Stromtore [4] ausreicht, dürfte der Aufwand auch bei einer Erweiterung in vertretbaren Grenzen bleiben. Als solche ist zu nennen: die Abtastung an verschiedenen Stellen der Scheibe gleichzeitig mit mehreren Fühlern sowie eine Anordnung, die auf einer gemeinsamen Welle mehrere gleichartige Scheiben trägt. Damit können recht komplizierte Aufgaben in Angriff genommen werden. Da bekanntlich fast jede Übergangsfunktion einer Regelstrecke mit statischem Verhalten durch Laufzeit und Verzögerung 1. Ordnung annäherbar ist, wird das vorliegende Gerät in Verbindung mit einer Modellregelstrecke 1. Ordnung praktisch allen Problemen gerecht.

Eine weitere interessante Anwendungsmöglichkeit beruht auf folgendem Gedankengang: je höher die Ordnung der Strecke oder je kleiner das Verhältnis  $T_U/T_L$  bei einer Laufzeitstrecke ist, desto langsamer muß — grob ausgedrückt — der Regler arbeiten, wenn eine Instabilität vermieden werden soll. Von den bekannten Mitteln zur Stabilisierung bleibt nur die nachgebende Rückführung. Die Einführung von zeitlichen Ableitungen der Regelgröße, die bei Strecken niedriger Ordnung sehr günstig sein kann, stellt eine „Entzerrung“ durch ein hinter die Regelstrecke geschaltetes Übertragungsglied dar und ist naturgemäß nur sinnvoll, wenn die Übergangsfunktion der Strecke im Nullpunkt niedere Ableitungen hat. Die Betrachtung einer Übergangsfunktion nach Bild 3 und des entsprechenden Frequenzganges zeigt, daß eine Kompensation der Verzögerung durch eine „Parallel-Entzerrung“ nach Bild 4 möglich sein muß. Wenn in dem Blockschema die Strecke eine solche mit reiner Laufzeit und statischem Verhalten bedeutet, so erscheint bei einer sprunghaften Änderung der Eingangsgröße  $u_s$  die Ausgangsgröße  $\varphi_s$  um die Laufzeit  $T_L$  verspätet. Der darunter eingezeichnete Kasten enthält eine Einrichtung mit einer Übergangsfunktion von der Gestalt eines Rechteckstoßes mit der Länge  $T_L$ ; bei einer sprunghaften Änderung von  $u_E$  erscheint am Ausgang des Entzerrers unverzögert eine konstante Ausgangsgröße  $\varphi_E$ , die nach der Zeit  $T_L$  verschwindet. Dann ist bei richtiger Abgleich die Kombination (Strecke + Entzerrter) verzögerungsfrei. Selbst wenn nicht genau abgeglichen werden kann oder gewisse Toleranzen eingehalten werden müssen, kann die Laufzeit der Strecke offenbar ganz erheblich herabgesetzt, der Regler also wesentlich günstiger ausgelegt werden.

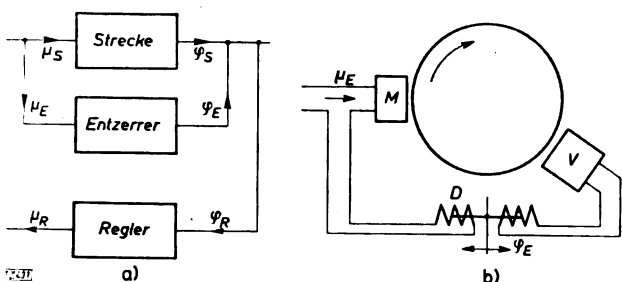


Abb. 4. Verbesserung der Übergangsfunktion einer Laufzeitstrecke durch Parallel-Entzerrung. a) Blockschema, b) Schaltung der Modellregelstrecke.

n. Die Zuordnung der Teile in Bild 4a erinnert äußerlich an einen Regler mit Rückführung vom Stellglied zum Führer; diese Art „Rückführung“ wäre an Stelle einer Zeitkonstanten durch eine „Einflußdauer“ zu kennzeichnen. Bild 4b zeigt, wie die beschriebene Modellregelstrecke als Parallel-Entzerrer geschaltet werden kann. Die Eingangsgröße wird in Form eines Stromes einem Magneten zugeführt, der den Rand der Scheibe polarisiert. Ein an einer anderen Stelle des Scheibenumfanges angebrachtes Magnetometer tastet die Aufzeichnung mit einer gewissen Zeitdifferenz ab. Durch einen einfachen Verstärker wird eine elektrische Ausgangsgröße hergestellt. An Hand eines Versuchsgerätes werden die Eigenschaften und Anwendungen einer solchen Anordnung erläutert.

bildete Spannungen) in irgendeinem Meßgerät oder Wandler unmittelbar subtrahiert werden.

**Zusammenfassung**

Gegenstand der Untersuchung ist eine Modellregelstrecke mit praktisch reiner, in einem sehr weiten Bereich (> 5 s) einstellbarer Laufzeit zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße. Der wesentliche Teil ist eine langsam rotierende, runde Scheibe, die am Umfang mit einem magnetisierbaren Werkstoff belegt ist. Die Eingangsgröße wird in Form eines Stromes einem Magneten zugeführt, der den Rand der Scheibe polarisiert. Ein an einer anderen Stelle des Scheibenumfanges angebrachtes Magnetometer tastet die Aufzeichnung mit einer gewissen Zeitdifferenz ab. Durch einen einfachen Verstärker wird eine elektrische Ausgangsgröße hergestellt. An Hand eines Versuchsgerätes werden die Eigenschaften und Anwendungen einer solchen Anordnung erläutert.

**Schrifttum**

[1] E. Grünwald: Lösungsverfahren der Laplace-Transformation für Ausgleichsvorgänge in linearen Netzen, angewandt auf selbsttätige Regelungen. Arch. Elektrotechn. 35 (1941) S. 379.  
 [2] F. V. A. Engel: Eine Modellregelstrecke zur Untersuchung von Reglern und Regelkreisen. Beihefte zur Z. Ver. dtsh. Chem. (1945) Nr. 51.  
 [3] Th. Gerber: Magnetisches Festhalten und Wiedergeben von Meßgrößen und ihre Anwendung. Schweiz. techn. Z. 45 (1948) 336; ref. in ETZ 69 (1948) S. 301.  
 [4] O. Schäfer: Eine neuartige Steuerschaltung für Stromtore. ETZ 71 (1950) S. 396.

**Elektrizitäts-Sonderschutz  
Ein Beitrag zum Recht der Technik**

Von Friedrich List, Darmstadt

DK 347.12 : 621.3 : 061.2 (43) VDE

Zwei besondere Rechtsschutzmöglichkeiten weist das Elektrizitätsrecht als höchwichtiger Teil eines Rechtes der Technik auf, deren erste die Bedeutung des Begriffes des „Betriebes“<sup>1</sup>, seinen Gegensatz zum „Besitz“ und eine selbständige Schutzbedürftigkeit der elektrischen Energie bzw. elektrischer Betriebe gesetzlich herausstellt.

§ 23 des Gesetzes über Fernmeldeanlagen vom 14. Januar 1928 bestimmt:

„Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes der einen Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt, nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen.“<sup>2</sup>

Grundsatz und Gesetzesbefehl sind oder scheinen zu sein die Worte: „Elektrische Anlagen sind nach Möglichkeit so auszuführen, daß sie sich nicht störend beeinflussen.“<sup>3</sup> Der mit dem vierten Worte „wenn“ beginnende Zwischensatz beweist, daß sich Rechtsfolgen an die Verletzung des Gesetzesbefehls erst und nur knüpfen, „wenn eine Störung eingetreten oder zu befürchten ist“ — eine in der Tat mögliche Formulierung, technisch und vor allem zeitlich richtig!

Im zweiten Zwischensatz, der mit den Worten: „auf Kosten“ einsetzt, glaubten viele die Forderung einer grundsätzlichen Priorität als Voraussetzung überhaupt für Ansprüche aus eingetretenen oder befürchteten Betriebsstörungen

gen entnehmen zu können oder zu müssen. Dieser Ansicht aber muß und kann sofort der Einwand entgegengehalten werden, daß — bei aller Schwierigkeit des gesetzlichen Wortlautes — grundsätzlich Priorität keineswegs vom Gesetze verlangt wird, daß vielmehr der im Hauptsatz niedergelegte Rechtsgrundsatz der gegenseitigen Rücksichtnahme nicht nur für die jüngere Anlage im Verhältnis zur älteren gilt, sondern auch und ebenso für die ältere Anlage gegenüber der jüngeren. Der Grundsatz der Priorität ist zwar eine gesetzliche Forderung und Voraussetzung, aber — wie deutlichst im Gesetzestexte steht — lediglich für die Pflicht zum Tragen der Kosten der sog. Entstörung. Diese Entstörung ist nämlich vorzunehmen „auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Änderung seiner bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlaßt.“

Gegenüber dieser gesetzlichen Spezialregelung läßt sich eine weitere positive Rechtsschutzfolge aus der allgemeinen Rechtsvorschrift der gegenseitigen Rücksichtnahme im Hauptsatze ziehen. Während nämlich der Antrag der älteren Anlage gegen die störende jüngere laut auf Kostentragung der Entstörung, also auf Leistung, klagt die gestörte (und ebenfalls geschützte) jüngere Anlage gegen die ältere auf Duldung der Entstörung — auf Kosten des (klagenden) Gestörten.

Daß dieser § 23 FAG insbesondere auch bei sog. Rundfunkstörungen mit Erfolg herangezogen wird, ist wohl allgemein bekannt, eben deshalb erschien es aber nicht unwichtig, seinen wahren Zweck, seine kleinen „Geheimnisse“ und seine wirklichen Hilfsmöglichkeiten aufzuzeigen. Das — unnötigerweise umstrittene — Verhältnis des § 23 FAG zu den Besitzschutzbestimmungen des BGB ergibt sich sofort und eindeutig aus der Erkenntnis und der Tatsache, daß die Besitzschutzbestimmungen eben den Besitz, der § 23 FAG hingegen (darüber hinaus) den Betrieb schützen.

<sup>1</sup> Vgl. Zeitschrift „Technik und Recht“ 1 (1950) S. 162.  
<sup>2</sup> Um aus dem sprachlichen und rechtlichen Gewirr und den tatsächlichen Unmöglichkeiten dieser gar häufig behandelten und gar oft verunstalteten Bestimmung ohne viele Worte alsbald einen Sinn zu erreichen, läßt sie sich durch verschiedene Druckarten in drei Teile zerlegen. — Auf die Streitfrage, ob sich § 23 FAG wegen seiner Aufnahme in das Fernmeldeanlagengesetz in Wirklichkeit nur auf das störende Zusammenwirken zwischen Starkstrom und Schwachstrom, gar nur zwischen ersterem und letzterem Fernmeldeanlagen bezieht, kann aus räumlichen und braucht rechtlichen Gründen hier nicht eingegangen zu werden.



Wenn der Besitz an einer Anlage gestört wird, helfen selbstverständlich die entsprechenden Bestimmungen des BGB. Der Tatbestand des § 23 FAG aber betrifft keinen sachenrechtlichen, sondern einen technischen Tatbestand.

2. Eine bedeutsame Feststellung zum Rechte der Technik, zu seiner Anerkennung und Fortentwicklung hat das Reichsgericht in seinem Urteil vom 11. Juli 1931<sup>3</sup> getroffen.

Beim Anstreichen einer Dachrinne war ein Ehemann und Familienvater in Berührung mit der in das Haus ungeschützt geführten Lichtleitung geraten, so daß er einen elektrischen Schlag erhalten hatte und von der an die Hauswand gelehnten Leiter tödlich abgestürzt war.

Die Hinterbliebenen hatten den Hauseigentümer für den ihnen durch den Tod ihres Ernährers entstandenen und weiter noch entstehenden Schaden verantwortlich gemacht.

Das Reichsgericht, an das die Prozeßsache in der Revisionsinstanz schließlich gelangte, erforderte „eine Verletzung des Rechtsbegriffs der im Verkehr erforderlichen Sorgfalt“ insofern fest, als die vom Verband deutscher Elektrotechniker (VDE) herausgegebenen „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V“ nicht ausreichend berücksichtigt oder ausgelegt worden seien.

„Da diese Vorschriften im ganzen Deutschen Reich zur Anwendung kommen und für eine unbeschränkte Anzahl von Fällen bestimmt sind, ist ihre Auslegung der Revision zugänglich.“

<sup>3</sup> Teilweise abgedruckt in Elektrizitätswirtsch. 30 (1931) S. 536.

Diese „Vorschriften“ sind „in gemeinsamer Zusammenarbeit nicht bloß der Elektrizitätsunternehmen und der ihr nahestehenden Industrie, sondern auch der beteiligten Behörden (Bahn und Post), wissenschaftlicher Institute, Hochschulen u. a. abgefaßt und aufgestellt worden, so daß sie sehr wohl als Richtlinien für das Maß der zu stellenden Anforderungen verwertet werden können. Denn danach handelt es sich bei diesen Vorschriften nicht etwa bloß um die Niederlegung der Anschauungen beteiligter Kreise, sondern um eine über diese Kreise hinausreichende, eine gewisse überparteiliche Autorität genießende Bearbeitung der im Interesse der Allgemeinheit erforderlichen, aber auch im allgemeinen genügenden Maßnahmen auf diesem Gebiet.“

Wer also diese VDE-Vorschriften beachtet, habe in der Regel die im Verkehr erforderliche Sorgfalt erfüllt.

Die „Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft“ (Energiewirtschaftsgesetz) vom 31. August 1937 hat diesen Zustand, diese Rechtsschöpfung der Technik legalisiert und auf Grund des § 13 Abs. 2 des Energiewirtschaftsgesetzes verordnet:

„(1) Elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgewerke sind ordnungsgemäß, d. h. nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten.“

(2) Als solche Regeln gelten die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.“

## Fortschritte der Elektrifizierung im Weinbau

DK 621.3.031 : 634

Wie für die Landwirtschaft wird auch für den Weinbau Intensivierung gefordert. Als Ziel gilt hierbei: Arbeit zu erleichtern und zu ersparen, sowie Arbeit zu verbessern und zu beschleunigen, so daß als Endergebnis eine Mehrproduktion zu verzeichnen ist. Das sind im übrigen Grundsätze, die heute eigentlich für die gesamte Wirtschaft gelten und wie sie wohl am deutlichsten in der Industrie verwirklicht werden. Aber auch im Weinbau muß in zunehmendem Maße von den Erkenntnissen und Fortschritten der Technik Gebrauch gemacht werden, wobei der Einsatz der Elektrizität von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Wie bei der Landwirtschaft, in Garten und Feld sowie in Stall und Hof, kommt er beim Weinbau auch für den Weinberg, für Kelterhaus und Weinkeller in Frage, ein Problem, dem die nachstehenden Ausführungen gewidmet sind.

Die Kelterarbeit ist wesentlich erleichtert und dabei eine größere Mostausbeute gewonnen, seitdem hydraulische Pressen der verschiedensten Ausführung in Verbindung mit elektrischen Pumpen verwendet werden. Ferner haben sich elektrisch betriebene Dickmaische-Pumpen, welche die Maische befördern, als arbeitsparend recht vorteilhaft erwiesen. Endlich sind noch die Trestermühlen und Tresterschleudern zu erwähnen.

Im Weinkeller haben sich gleichfalls elektrische Pumpen bewährt und außerdem gibt es hier noch verschiedene motorisch betriebene und evtl. sogar automatisch arbeitende Maschinen, wie z. B. zum Kapseln, Etikettieren und Verpacken der Flaschen, die besonders arbeitswirtschaftlich vorteilhaft sind.

Bisher handelte es sich lediglich um den elektrischen Antrieb von Arbeitsmaschinen, der für den Elektroingenieur keine neuen oder schwierigen Aufgaben stellt, so daß man hierauf nicht näher einzugehen braucht. Eine zweckentsprechende und ausreichende Beleuchtung dürfte selbstverständlich sein. Anders liegen jedoch die Verhältnisse für die im Außenbetrieb am Weinberg anstehenden Arbeiten. Hier gibt es noch neue, d. h. neuartige Probleme auf dem Gebiet der Elektrizitätsanwendungen, für die z. T. erst noch Forschungsarbeiten geleistet werden müssen, um die technisch wie wirtschaftlich brauchbaren Lösungen zu entwickeln.

Zunächst ist zu erwähnen, daß auch hier einige motorische Antriebe in Frage kommen, so einmal für die Weinbergwinde, mit deren Hilfe der Weinberg evtl. sogar ziemlich tief gepflügt werden kann, während er bisher lediglich von Hand mit der Hacke also recht mühsam bearbeitet werden mußte. Das läßt sich allerdings infolge des Kleinbesitzes und der oft nur schwer zugänglichen Parzellen nicht überall ermöglichen. Die Winde verhilft ferner dazu, Dünger und Behälter mit Spritzbrühe zur Schädlingsbekämpfung den Berg hinaufzuschaffen, jetzt mühelos, während früher diese Lasten auf dem Rücken der Menschen mühsam bergan getragen werden mußten. Neuerdings setzt man zum Transport der häufiger und in größerer Menge gebrauchten Spritzbrühe elektrische Pumpen in Verbindung mit Hochdruck-Gummischlauchleitungen ein. Es werden ferner auch Pumpanlagen eingerichtet, um Weinberge zu bewässern oder zu beregnen.



Bild 1. Elektrisch beheizte (links) und nicht beheizte Pflanztriebe.

Diese Maßnahmen bringen eine bedeutende Arbeits- und Zeiterparnis mit sich. Hierbei handelt es sich oft um einen schnellen und tatkräftigen Einsatz, wenn schwerwiegende Schäden vermieden werden sollen, der so leicht zu bewerkstelligen ist.

Als vollkommen neu und bisher noch nicht angewandt ist der Einsatz von Elektrowärme für Heizzwecke hervorzuheben. Um den so gefährlichen Frostschäden vorzubeugen, sind früher bereits andere Verfahren entwickelt worden und auch im Gebrauch, auf die hier nicht näher einzugehen ist. Es ist vorab zu bemerken, daß natürlich weder eine Beheizung aller Weinberge in Frage kommt oder überhaupt kommen kann, noch die Heizdauer für den ganzen Winter. Es handelt sich doch lediglich um den Schutz vor den Spätfrösten im Frühjahr und den Frühfrösten im Herbst. Außerdem lehrt die Erfahrung, daß in den Weinbergen in der Regel nur bestimmte Geländestreifen von den kalten Winden bestrichen werden, so daß nur für diese erhöhte Frostgefahr besteht. Man hat nun bereits versucht mit Strom zu heizen, indem man den Rebenzeilen entlang Heizdrähte spannte. Dabei entstand aber ein solcher Stromverbrauch, daß noch kein wirtschaftlich gangbarer Weg gefunden wurde.

Ein anderes und aussichtsvolleres Verfahren ist die elektrische Beheizung der Anlagen zur Zucht von Pfropfreben, die gleichfalls im Freigelände vorgenommen wird. Die technische Einrichtung hierfür ist sehr einfach, lediglich unter den mit den Reben zu besetzenden Zeilen wird das elektrische Heizkabel verlegt. Eine solche Versuchsanlage wurde vor dem Krieg seitens der Weinbauschule in Kreuznach in Verbindung mit der Rhein-Nahe AG. als Stromlieferant errichtet und sie hat ein erfreulich positives Ergebnis erzielt, wie Bild 1 deutlich erkennen läßt. Der beheizte — aber keineswegs ausgesuchte — Steckling hatte eine Höhe von 55 cm und der unbeheizte eine solche von nur 21 cm. Die Bewurzelung ist reicher und die Triebe sind größer. Ein derartiges erstmaliges Versuchsergebnis ist sehr wertvoll, wenn es auch noch nicht verallgemeinert werden kann. Immerhin ließen überschlägliche Berechnungen ein wirtschaftliches Verfahren erwarten, zumal der zu dieser Anzahl von Pfropfreben dienende Weinberg nur ein Jahr in Anspruch genommen wird gegen zwei Jahre bei dem alten Verfahren. Infolge des Kriegsausbruches konnte leider kein abschließendes Ergebnis erzielt werden, da hierzu eine Beobachtung von Jahren erforderlich ist.

Für die künftige Ausführung solcher Anlagen sind folgende Fragen vorab noch zu klären; wenn ein optimales Ergebnis festgestellt werden soll. Wie tief ist das Kabel zu verlegen? Wird das Kabel direkt unterhalb der Pflanzenreihe angeordnet oder seitlich am besten nach der Bergseite zu, da doch die erwärmte Feuchtigkeit bergab sickert. Evtl. könnten auch zwei Kabel zu beiden Seiten unterhalb der Pflanzen vorgesehen werden, womit man bei den Versuchen in Kreuznach bereits bessere Resultate erzielt hat. Wie groß wählt man am besten den Abstand der Zeilen von einander sowie den der Reben unter sich? Über die empfehlenswerte Dauer der Beheizung muß man sich noch klar werden — in Kreuznach betrug sie 4 Wochen im Mai —, zumal hierbei die jeweilige Witterung eine entscheidende Rolle spielen dürfte, so daß kaum genau feststehende Angaben möglich sein werden. Auf alle Fälle ist darauf zu achten, daß die Beheizung nicht länger als unbedingt nötig ausgedehnt wird, weil sonst die Stromkosten zu hoch und damit

die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens beeinträchtigt werden könnte. Die Temperatur läßt sich leicht und sicher automatisch regeln.

Für die Wirtschaftlichkeit kommen aber noch eine Reihe weiterer Gesichtspunkte in Frage. Sind im ersten Jahr die jungen und größeren Triebe genügend verholzt (was wohl anzunehmen ist), damit sie den Winterfrost gut überstehen? Wachsen diese Propfreben nach der Umpflanzung besser an, geben also weniger Ausfälle und verursachen damit weniger Unkosten? Werden die durch das künstliche Antreiben erzielten Reben verweichlicht und dadurch anfälliger für Krankheiten? Entwickelt sich später der ganze Rebstock kräftiger und größer als der aus unbeheizter Anlage? Bringt er in diesem Zusammenhang auch einen größeren Ertrag an Trauben, bei dem obendrein die einzelne Beere noch besser entwickelt ist? Es ist wohl im Ganzen ein günstigeres Ergebnis zu erwarten, das auch die anfänglichen höheren Unkosten rechtfertigen läßt, aber hierzu sind eben Jahre der Beobachtung und Feststellung nötig. In Kreuznach hatte zwar der Krieg die Fortsetzung der so aussichtsvoll begonnenen Versuche verhindert, doch war nach Jahresfrist der kräftigere Wuchs noch gut zu erkennen.

Für den Frostschutz der Weinreben gibt es neben der direkten Beheizung mit Strom noch ein zweites Verfahren, nämlich die künstliche Beregnung, die bereits in anderem Zusammenhang erwähnt wurde. Diese kann sich nach den Untersuchungen von Schönp (RKTL) in vierfacher Hinsicht auswirken, wobei in erster Linie das Abstoppen des Temperaturrückganges infolge frei werdender Erstarrungswärme anzuführen ist. Diese Art Frostschutz ist auch für den Schutz von Obstanlagen u. dgl. empfohlen und angewendet worden.

Endlich ist noch die Schädlingsbekämpfung zu erwähnen, bei der die Elektrizität direkt und indirekt auf verschiedenen Wegen wirkt und die bisher viel gebrauchte chemische Methode mit Spritzmitteln verdrängt. Z. B. haben sich Lichtfallen bewährt, bei denen die Schädlinge durch das elektrische Licht als Lockmittel angezogen werden, wobei sie dann gegen ein unter Hochspannung stehendes Drahtgitter stoßen und so getötet werden.

Ähnlich wie in der Landwirtschaft ist auch im Weinbau darauf hinzuweisen, daß für die vielen Kleinbetriebe sich genossenschaftliche Zusammenschlüsse mit jeweils besonderen Aufgaben für die Steigerung von deren Wirtschaftlichkeit sehr vorteilhaft auswirken, so daß die weitere Ausgestaltung solcher Maßnahmen sehr zu empfehlen sind, wobei es sich gerade auch um die gemeinsame Beschaffung von maschinellen Anlagen handelt. Wenn also einleitend als Forderungen des heutigen Wirtschaftslebens Arbeitersparnis, -erleichterung, -verbesserung und -beschleunigung genannt waren, so zeigen die vorstehenden Ausführungen, daß diese Forderungen im Weinbau durch die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Elektrizität weitgehend erfüllt werden können, vollends wenn weitere Forschung neue Wege erschließt. Also auch hier gilt das Wort: Forschung tut not! Hinzu kommt noch, daß eine solche Produktionssteigerung dringend erwünscht ist, weil die Anlage neuer Weinberge verboten ist, da nur noch ungeeignetes Gelände verfügbar ist, auf dem nur minderwertige Trauben gedeihen und auch nur einen minderwertigen Wein ergeben können, der den guten Ruf des deutschen Weines nur schädigen würde.

Otto Vent

## Die Elektrifizierung der Sowjetunion

DK 621.311.1 (47)

Seit ihrem Bestehen ist die Sowjetunion erfolgreich tätig, die Elektrifizierung des Landes vorwärts zu treiben. Während die gesamte Kraftwerksleistung im Jahre 1913 nur 1096 MW betrug, ist sie 1938 auf rund 8700 MW angestiegen und sollte nach Plan 1950 22000 MW erreichen. Die Erzeugung betrug 1913 nur 1,9 Mia. kWh, 1938 39,6 Mia. und sollte 1950 82 Mia. erreichen. (Nach einer Veröffentlichung in „Power Generation“ wurden 1948 60 Mia. kWh erzeugt). Damit ist die Sowjetunion nach den USA an die zweite Stelle aller

<sup>1</sup> Nach E. Thiel: Z. Raumforsch. 1950, H. 3/5, S. 176; 9 S., 2 Karten.

elektrische Energie erzeugenden Länder der Welt gerückt. Je Kopf der Bevölkerung erreicht der Jahresverbrauch nach dem Plan von 1950 allerdings erst 400 kWh.

Hervorzuheben ist die steigende Bedeutung der Überlandzentralen bei gleichzeitiger Verringerung der Eigenanlagen der Industriewerke. Dazu kommt eine fortschreitende Elektrifizierung der Landwirtschaft, die hauptsächlich durch kleine örtliche Kraftwerke versorgt wird.

Die Kohlevorräte betragen nach dem Forschungsstand von 1937 1654 Mia. t und damit rd. 20% des Weltkohlenvor-

rates. Die Erdöllager umfassen nach amtlichen Angaben 4679 Mio. t und somit mehr als die Hälfte der bisher bekannten Weltvorräte. Da fast alle Erdölvorkommen gashaltig sind, ist die Sowjetunion das an Naturgas reichste Land der Erde. Die Gasvorräte aus Erdölvorkommen werden auf 712 Mia. m<sup>3</sup> geschätzt, wozu noch 273 Mia. m<sup>3</sup> an reinem trockenem Erdgas kommen. Für verschiedene Gebiete ist auch das Torfvorkommen wichtig, welches mit 150 Mia. t beziffert wird und größer ist als das aller übrigen Länder der Erde zusammen. Die bisher bekannten Olschiefervorkommen werden auf 55 Mia. t geschätzt. Die Wasserenergie des Landes wird mit 280 Mio. kW angegeben, von denen  $\frac{1}{6}$  auf den europäischen Teil und der Rest auf die asiatischen Gebiete entfällt.

Die Kohle ist als Energiequelle immer noch führend, wobei auch minderwertige Sorten zur Versorgung der Kraftwerke herangezogen werden. Etwa 37% der Elektroenergieproduktion entfallen auf Kohlekraftwerke, während an 2. Stelle der Torf steht. Größere Erdölkraftwerke gibt es in Baku, jedoch wird Öl auch im Moskauer und Leningrader Industrieviertel als Zusatzfeuerung verwendet. Gasfernleitungen von Saratow nach Moskau und aus der Westukraine nach Kiew, die im Jahre 1948/49 gebaut wurden, ermöglichen die Naturgasverwendung in größerem Ausmaß.

Die Wasserkräfte sind bisher wenig ausgenutzt worden. 1937 wurden nur 4 Mia. kWh erzeugt, entsprechend 12% der damaligen Gesamtproduktion. Der Grund liegt in der räumlich ungünstigen Verteilung. Als erstes Großwasserkraftwerk entstand in den Jahren 1927 ... 1932 das Dnjepr-Werk bei Saporoschje mit einer Leistung von 550 MW. Im Gebiet der Wolga wird eine Anzahl großer Bauvorhaben ausgeführt bzw. geplant. An der oberen Wolga entstehen 3 Werke mit 30, 110 und 330 MW, während an der mittleren Wolga bei Kuibyschew 2 riesige Werke mit 1300 und 1900 MW geplant sind. Durch den Aufstau der Kama (linker Nebenfluß der Wolga) entsteht ein Wasserbecken mit einer Fläche von 8500 km<sup>2</sup> (Bodensee 537 km<sup>2</sup>), welches Anschluß an die Stromgebiete der zum Eismeer fließenden Ströme Petschora und Wjtschegda erhält und somit von 3 großen Flüssen gespeist wird. Dadurch soll eine größere Wasserentnahme zu Bewässerungszwecken im Gebiet der unteren Wolga ermöglicht werden.

Infolge der Weite des russischen Raumes entstanden regional aufgegliederte Verbundwirtschaften, die sich zunächst auf einzelne wichtige Wirtschaftsräume beschränken. In der Reihenfolge ihrer Leistungsfähigkeit entstanden 4 bedeutende Energiesysteme und zwar:

1. das Moskau-Gorki-System,
2. das Dnjepr-Donetz-System,
3. das Leningrader-System,
4. das Uralsystem.

In diesen 4 großen Netzen waren vor dem 2. Weltkriege fast 80% der Energieerzeugung vereinigt.

Das Moskau-Gorki-System umschließt das ganze „Zentrale Industriegebiet“ bei einem Anteil von 28% (1939) an der gesamten installierten Leistung der Sowjetunion. Hauptbrennstoffquellen sind dort Moskauer Kohle und Torf, jedoch auch Donez-Kohle und Erdöl. Zu den größeren Werken auf Kohlebasis zählen die Anlagen in Stalinogorsk (200 MW) und Kaschira (186 MW). Bedeutende Torfkraftwerke sind Gorgres bei Balachna (204 MW), Schatura (180 MW), Komomolsk (95 MW) und Iwgres (50 ... 100 MW) sowie 2 Werke mit 49 und 36 MW in Jaroslawl. Der Bau neuer Werke blieb bisher hinter dem wachsenden Energiebedarf zurück, so daß gegenwärtig mit dem Bau von 10 ... 15 Kraftwerken mittlerer Leistung in diesem Gebiet begonnen wurde. Eine wesentliche Entlastung wird erst der Ausbau der großen Wasserkraftwerke an der Wolga bringen.

Das Leningrader System ist auf die Stadt und die nähere Umgebung beschränkt. Die Versorgung beruhte früher auf englischer Importkohle, die jetzt durch Donezkohle und

Erdöl ersetzt wird. Auch Torfkraftwerke, wie z. B. das Werk „Roter Oktober“ mit 200 MW und das Werk Dubrowka mit der gleichen Leistung und Wasserkräfte, die zum Teil früher in finnischem Besitz waren, sind an dieses System angeschlossen.

Das Dnjepr-Donetz-System dient der Versorgung des Kohlenzentrums im Donezbecken und des Erzgebietes von Kriwoj Rog, woraus sich eine Zweiteilung des ganzen Systems ergibt. Unter anderem befinden sich dort 8 Großkraftwerke mit einer Leistung von je mehr als 100 MW und das bereits erwähnte Wasserkraftwerk Saporoschje.

Das Ural-System ist räumlich am weitesten ausgedehnt, jedoch energiemäßig noch am schwächsten ausgebaut. Das System beruht gegenwärtig fast ausschließlich auf Kohle, die sich auf mehrere Becken verteilt und dem größten Teil der Kraftwerke zugeführt werden muß. Obwohl in den mittleren Ural auch Torflager vorhanden sind, werden diese bisher nur in einem kleineren Umfange ausgenutzt. Auf der Ausbau der Wasserkräfte befindet sich noch in den Anfängen.

Stärker elektrifizierte Gebiete befinden sich noch im Kaukasus, (Wasserkraft und Erdöl) sowie in Westkolonien und Karelien.

Gegenüber dem europäischen Teil sind die asiatischen Gebiete der Sowjetunion noch stark im Rückstand. 1937 entfielen von der gesamten installierten Leistung nur etwa 9% auf Mittelasien und Sibirien. Ein zusammenfassendes Netz besteht nur im Kusnezker Gebiet. Eine gewisse Befestigung von Kraftwerken ist noch in den Becken und Randgebirgslandschaften im südlichen Turkestan anzutreffen. Energieträger sind dort Kohle, Erdöl und zu einem geringen Prozentsatz das Wasser. 1939 gab es im gesamten asiatischen Raum nur 12 Kraftwerke mit mehr als 50 MW, von denen 8 mit Kohle und 4 mit Wasser betrieben wurden. Die Energieerzeugung in diesem Gebiet ist so ausreichend, daß die Elektrifizierung der Eisenbahn von Nowokusnezsk über Omsk bis nach Dema bei Ufa mit einer Länge von 2350 km in Angriff genommen wurde. Am oberen Jenissei sind Wasserkraftwerke mit zusammen über 2000 MW Leistung geplant. Weitere Werke sollen an der Angara bei Irkutsk entstehen.

Die Bemühungen der Sowjetunion zur Versorgung der Landwirtschaft mit elektrischer Energie gehen aus folgenden Zahlen hervor: Die Leistung aller ländlichen Kraftwerke betrug 1932 66 MW, 1937 230 MW und 1940 275 MW. Bis Ende 1950 soll diese Leistung auf rd. 2200 MW gesteigert werden. Als Energiequelle für diese Kraftwerke dient hauptsächlich das Wasser. Der laufende 5-Jahresplan veranschlagt den Bau von 18 000 Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von 1 Mio. kW, wobei die Durchschnittsleistung eines Werkes rd. 56 kW betragen würde.

Die erzeugte Energie wurde 1937 zu 69% von der Industrie und zu 13,7% von der Kommunalwirtschaft verbraucht. 1937 betrug die Länge der elektrisch betriebenen Eisenbahnstrecken nur 1642 km, sie soll bis Ende 1950 insgesamt 7360 km gebracht werden.

Der für den bevorzugten Bau von großen Überlandwerken gewählte Weg einer Zentralisierung der Erzeugung leistungs-fähigen Anlagen, die ohne Rücksicht auf ihre kommunale oder Verkehrszugehörigkeit in einem einheitlichen Netz zusammengefaßt werden, ist für das Gebiet der Sowjetunion technisch und betriebswirtschaftlich richtig. Durch die Entwicklung entstehen zunächst räumlich mehr oder minder ausgedehnte Schwerpunkte, die allmählich nach außen wachsen und zu einem großem Netz zusammengeschlossen werden sollen, welches das gesamte Gebiet der Sowjetunion überspannt. Diese Schwerpunkte werden durch Hochspannungsleitungen zu Verbundwirtschaften vereinigt. Die Verwirklichung der großen Pläne zur Elektrifizierung der Union geht wohl unbestreitbar vorwärts.

G r a b m a n n

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.22 (73/79)

**Randbemerkungen zur amerikanischen Kraftwerks-Betriebspraxis.** [Nach M. Stegemann: Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) S. 287; 5 S., 9 B.]

Wegen der in den großen amerikanischen Netzen vorliegenden Bedingungen gehört das tägliche Anfahren der Werke zu den Ausnahmen. Wo das, wie z. B. bei der Consolidated Edison Company of New York, der Fall ist, begegnet man den damit zusammenhängenden Problemen anders als in Deutschland. Während man hier Nachdruck auf wärmeelastische Laufzeuge — wenn nicht anders möglich, auch unter Verzicht auf äußerste Wirtschaftlichkeit — legt, ist der amerikanische Betriebsmann nicht geneigt, diesbezügliche Zugeständnisse zu machen und richtet vielmehr die Betriebsführung so ein, daß ein Bedürfnis nach Wärmeelastizität gar nicht entsteht. Der Grundgedanke ist der, daß beim Anfahren die Frischdampf Temperatur der Temperatur des abkühlenden Turbinengehäuses angepaßt wird. Für die anschließende Erhöhung der Dampftemperatur auf Betriebswert schreiben die Kesselhersteller maximal 56 °C (100 °F)/h vor. Durch umfangreiche systematische Untersuchungen, die durch üppige Ausstattung mit Temperaturmeßgeräten ermöglicht wurden, ist man soweit gekommen, daß im Zeitraum von Juni 1946 bis März 1950 mit 5 Vorschalt- und 9 Nachschaltturbinen allmählich 1120 Schnellstarts von 15 min und weitere 1169 von 30 min Dauer gemacht wurden. — Beim Anfahren von Kesseln und Turbinen aus ganz kaltem Zustand gelang es, die Anfahrzeit für den ganzen Satz bis zum Erreichen des Betriebsdruckes von 7...9 auf 3½ h zu verringern. Bis zur Vollast braucht man 30...40 min mehr.

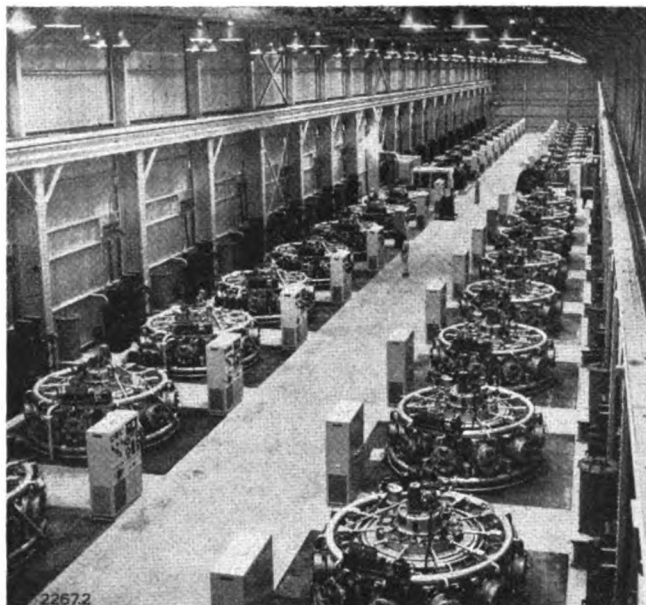
Besonderes Augenmerk wird auf die Wärmespannungen in den dicken Trommeln (150 mm Wandstärke) gerichtet. Zwischen oberem und unterem Scheitel treten Temperaturunterschiede bis 72° auf, bei beschleunigter Abkühlung sogar 95°. Um das zu vermeiden, wird die Kesseltrommel sofort nach dem Absetzen, d. h. solange die Speisewassertemperatur noch ihren Normalwert hat, bis zum Scheitel aufgefüllt. Auch hier gelang es, die Anfahrzeit aus ganz kaltem Zustand von 7 h auf 3½ h zu kürzen.

Trotz aller dieser Maßnahmen wird das häufige Absetzen der Kessel als unangenehme Beigabe empfunden. Gelegentliche Leckagen ließen sich nicht vermeiden. Es wurde angeregt, die Rohre mit den Sammlern zu verschweißen; mit Verschärfung der Verhältnisse wird wohl der Wunsch nach vollständig geschweißten Kesseln immer dringlicher. Zur Zeit gibt es einige La Mont-Kessel, vielleicht wird der Schritt zum Benson-Kessel später doch einmal erwogen werden.

Wegen der kurzen Abschaltzeiten der Schalter (3 Perioden bis zur ersten Abschaltung) und der sehr empfindlichen Regler ist das Verhalten der Kondensationsturbinen bei plötzlicher Entlastung kein Grund zur Beunruhigung und sie gehen in den seltensten Fällen in den Schnellschluß. — Bei Einwellenturbinen mit Zwischenüberhitzung ist die Lage infolge der großen in den Dampfleitungen eingeschlossenen Dampfmen gen nicht mehr so einfach und es wurde ein als „Intercepting Valve“ bezeichnetes Organ eingeführt; dieser Ausdruck kann am besten als „Abfangventil“ verdeutscht werden. Es wird durch einen Vor-Schnellschlußregler gesteuert derart, daß es bis 102% der Nenndrehzahl ganz offen ist, bei ihrer Überschreitung zu schließen anfängt und bei 105% ganz geschlossen ist. Das Ventil hat den Zweck, das Ansprechen des Schnellschlusses (bei 110%) zu vermeiden. — Bei Zweiwellenturbinen wird es darüber hinaus als Geschwindigkeitsregler der Nachschaltturbine verwendet, wenn die Vorschaltturbine außer Betrieb ist. Bei normalem Betrieb ist es ganz geöffnet und läßt den Zwischendruck lastabhängig gleiten. — Es gibt auch Fälle, in denen die Dampfmenge im Zwischenüberhitzersystem bei plötzlicher Entlastung durch ein „Unloading Valve“ unmittelbar in den Kondensator geleitet wird, um das Abschalten durch Ansprechen des Schnellschlusses der Maschine zu vermeiden. Vb

DK 621.397.3 : 535.6 (73/79)

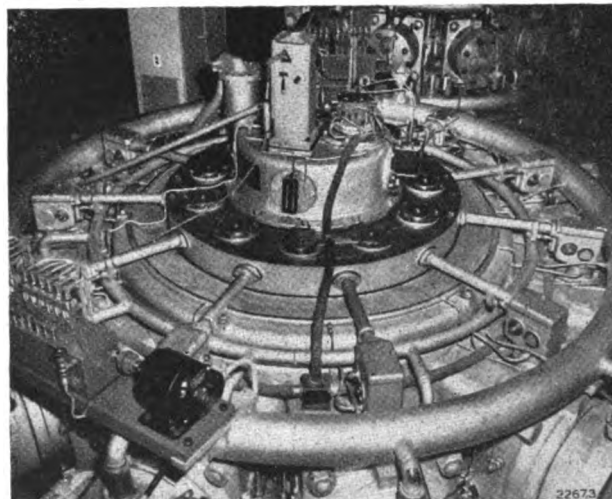
**Sternmotoren-Kraftwerk.** [Nach A. P. Armagnac: Popul. Sci., Nov. 1950, S. 124; 4 S., 8 B.]



ETZ 632

Bild 1. Die Motorenhalle des Kraftwerks Point Comfort.

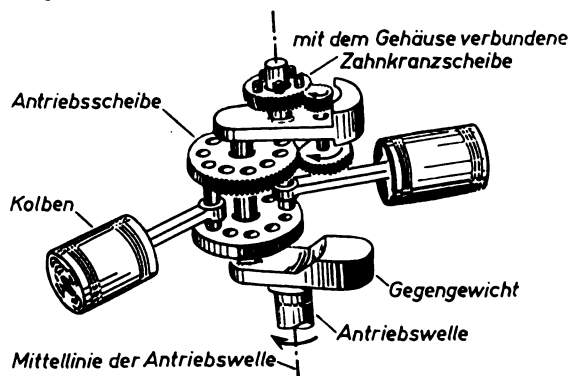
Die Aluminium Comp. of America hat in Point Comfort, Texas, ein Kraftwerk mit 120 Sternmotoren errichtet (Bild 1). Die Motoren werden mit billigem Erdgas betrieben und leisten je 1800 PS (Bild 2). Unter der Motorenhalle sind



ETZ 633

Bild 2. Ein Sternmotor.

120 Gleichstrom-Generatoren angeordnet, die bei 400 U/min je 1 MW abgeben. Diese Leistung ist nur für die Aluminiumelektrolyse bestimmt.



ETZ 634

Bild 3. Das Motor-Triebwerk, schematisch.

Solch ein Maschinensatz hat einen Durchmesser von rd.  $3\frac{1}{2}$  m, Motor und Generator sind zusammen  $5\frac{1}{2}$  m hoch. Die Nordberg-Zweitakt-Gasmotoren können auch als Dieselmotoren arbeiten. Sie besitzen 11 Zylinder. Das Triebwerk wird schematisch in Bild 3 gezeigt. BV

## Kabel und Leitungen

DK 315.211.3

**Ein Ölkabel für 380 kV.** [Nach *Industria* Nr. 1, 1951.]

Liljeholmens Kabelfabrik (Schweden) hat kürzlich die Herstellung eines 380 kV-Kabels für Kungl. Vattenfallsstyrelsen beendet. Es handelt sich um ein Kabel mit Ölfüllung. Der Leiterquerschnitt ist  $500 \text{ mm}^2$ , die Isolationsdicke 28 mm, der äußere Durchmesser 118 mm. Die für ein solches Kabel erforderliche hohe dielektrische Festigkeit wurde durch sehr hohen Oldruck und durch eine Spezialtechnik bei der Isolierung, Evakuierung und Imprägnierung erreicht. Das Kabel wurde mit einer Stoßspannung von 1865 kV und einer Wechselspannung von 750 kV geprüft. Es soll im Laufe des Winters 1950/51 im Harsprang-Kraftwerk eingebaut werden. Es wird die 70 m unter der Erdoberfläche gelegenen Transformatoren mit den Freileitungen verbinden und daher ein wichtiges Zwischenglied in der 380 kV-Überführung von den Großkraftwerken oberhalb des Polarkreises zu den industriellen Verbrauchszentren Mittelschwedens darstellen. Do

DK 621.315.211.4

**Der Vorteil von Hochspannungskabeln mit Schwefelhexafluorid-Gasfüllung.** [Nach B. M. Hochberg u. M. N. Reinow: *Doklady Akademii nauk S. S. S. R.* 70 (1950) Nr. 5.]

In Zusammenarbeit zwischen dem Leningrader physikalisch-technischen Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, dem Institut für physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und der Fabrik „Sewkabel“ des Ministeriums für die Elektroindustrie wurden Versuche an einem 150 m langen 35 kV Dreibleimantelkabel durchgeführt, das mit Schwefelhexafluorid gefüllt war. Es zeigte sich, daß bei gleichem Druck der Anfang der Ionisierung im Gas bei wesentlich höherer Spannung lag, als wenn das Kabel mit  $\text{N}_2$  oder  $\text{CO}_2$  gefüllt war. Die elektrische Festigkeit des Kabels erhöhte sich etwa auf den doppelten Wert. Lu

## Schaltgeräte

DK 621.316.54 : 621.9

**Die Entwicklung und Ausführung elektrischer Schaltgeräte für Werkzeugmaschinen.** [Nach A. R. H. Thorne: *Proc. Instn. electr. Engrs.* II, 97 (1950) S. 417; 12 S., 24 B.]

Diese Arbeit beruht auf einem Vortrag, der an zahlreichen Stellen Englands gehalten worden ist und enthält auch umfassende Diskussionsberichte. Es handelt sich um die gleichen Themen, die z. Zt. die Gespräche zwischen den Schaltgerätetechnikern Deutschlands mit den Konstrukteuren der Werkzeugmaschinenindustrie beherrschen. Zunächst werden die Grundlagen der Anwendung elektrischer Schaltungen bei Werkzeugmaschinen erörtert, auf die möglichen hohen Schaltzahlen und auf die Einbeziehung dieser Werte in die Größenwahl hingewiesen. Die maximale Schaltzahl für handbetätigte Geräte gibt der Verfasser mit 600 in der Stunde an, und zwar wegen Ermüdung des Arbeiters. Diese Zahl dürfte für wirklich handbetätigte Hauptstrom-Schaltgeräte schon als stark überhöht anzusehen sein. Einzelkonstruktions-elemente insbesondere von Schützen werden besonders eingehend behandelt. Beim Schaltstückverschleiß wird auf die Möglichkeit der Verminderung des Reibungsverschleißes durch Silber hingewiesen, das keine Relativbewegung erfordert.

Interessant ist die immer wieder erhobene Forderung, nur Geräte mit einem Isolationswert für 575 V zu verwenden, obwohl diese Spannung in England nicht vorkommt, sondern nur 440 V. Auch ist darauf zu achten, daß sämtliche Geräte hinsichtlich ihres Isolationswertes auf dem gleichen Niveau sind und nicht durch zusätzliche Relais, Instrumente u. dgl. dieses Niveau durchbrochen wird.

Die Steuerspannung bei Schützensteuerungen sollte nach englischer Ansicht 110 V sein und in einem besonderen Transformator erzeugt werden. Auf die besonderen Schwierigkeiten in Kreisen noch geringerer Spannung wird hingewiesen.

Auch in Deutschland wurde diese Frage immer wieder aufgeworfen; Unternehmungen, die beispielsweise mit Steuer- spannungen von 500 V schlechte Erfahrungen gemacht hatten, gingen zu extrem niedrigen Spannungen über, z. B. 24 und 42 V. Die Frage ist in Deutschland durch VDE 0113 soweit geklärt, daß 220 V als ein Wert gilt, gegen den man auf der einen Seite ausreichend isolieren kann und bei dem auf der anderen Seite keine Kontaktschwierigkeiten bei den Hilfsschaltstücken und Zwischenrelais entstehen. Die zahlreichen in dieser englischen Arbeit betonten Schwierigkeiten bei der Verwendung höherer Spannungen zeigen, daß die in Deutschland noch gelegentlich geäußerte Ansicht auch mit 500 V steuern zu können, wirklich nicht richtig ist.

Bei Hilfsschaltstücken beispielsweise an Schützen soll eine Nachjustierung der Schaltwege dem Verbraucher möglichst entzogen werden. Da Verstellungen durch den Verbraucher leicht zu Störungen im ganzen Abhängigkeitssystem führen. Auf der anderen Seite wird gefordert, daß die Geräte wenn irgendwie möglich, Sätze von unbenutzten Hilfsschützen oder Hilfsschaltstücken enthalten.

Die Grenzen der Verwendbarkeit eines Gerätes hängen außer von Strom und Spannung von der Rücksichtnahme auf die Ein- und Abschaltvorgänge ab. Es wird auch besonders betont, daß der Strom, bei dem die Schaltstücke verschweißen, spannungsabhängig ist. Eine Tatsache, die heute noch nicht anerkannt, über die aber bereits berichtet wurde.

Bei den Angaben über Schalt- und Anlaßverfahren ist eine in Deutschland offenbar noch nicht eingeführte Methode interessant, die für das „Vorrücken“ eines Kurzschlußlaufes geeignet ist. Sie besteht darin, stoßweise ein gleichstromregtes Feld im Ständer des Motors zu erzeugen, und zwischenschreitend oder rückläufig. Davon hängt die Drehrichtung des Läufers ab. Es ergibt sich eine Bewegung des Motors infolge der magnetischen Wechselwirkung zwischen den Magnetpolen. Die Winkelbewegung kommt in mechanischen Graden den elektrischen Graden für ein Polpaar gleich, sie beträgt also bei einem vierpoligen Motor 30 mechanische Grade. Bei fortlaufender Drehung des Kommandoschalters kann erreicht werden, daß der Drehstrommotor „kriecht“.

In der Frage der Sicherungen nimmt die Arbeit eine teilweise etwas andere Stellung ein als die VDE-Vorschriften. Hinter dem Trennschalter soll eine Abschmelzsicherung für den Kurzschlußschutz vorhanden sein, die nach VDE 0113 nicht in der Maschine, sondern vor der Maschinenzuleitung liegt.

Die Schwierigkeiten des thermischen Schutzes von Werkzeugmaschinen-Motoren bei höheren Schaltfrequenzen mit handelsüblichen Schutzgeräten werden behandelt. Der Verfasser bemerkt, daß vor allen Dingen auch noch ein Hauptschutz z. B. in Form einer Kurzschlußschutz-Sicherung notwendig ist, weil bei schweren Kurzschlüssen selbst dann, wenn die Relais sie ertragen können, die Betriebsschalter der Maschinen, z. B. die Schütze, leicht verschweißen.

Ein Hauptschalter wird immer verlangt. Es soll eine Verriegelung zwischen ihm und der Schaltvorrichtungsabdeckung angestrebt werden. Letztere ist in VDE 0113 noch nicht gefordert.

Hinsichtlich der Netzspannung hält man 380 V für die günstigste Spannung. Sie scheint vom Standpunkt Spannung/ Strom tatsächlich ideal zu sein<sup>1</sup>. Die Notwendigkeit der Kapselung der Geräte, insbesondere der Staubschutz bei Niederspannungs-Schaltstücke, auch der Hilfsschaltstücke ist nachdrücklich betont.

Der Einbau oder Anbau der Geräte wird in größerer Entfernung vom Erdboden gefordert. Schaltgeräte an der Außenseite der Maschine sollten 90 cm über dem Boden liegen. Die Zugänglichkeit darf dem Einbau nicht geopfert werden. Insbesondere ist auch darauf zu achten, daß keine Verschmutzung durch Öl oder andere Ablagerungen auftritt. Der Druckknopf wird den hebelbetätigten Schalter nicht vertreiben. Letzterer hat den Vorzug, daß er seine Stellung stets wandfrei anzeigt. Ein Nachteil besteht darin, daß man mit den Kleidern an ihm hängen bleibt, wenn er nicht geschützt angebracht worden ist.

Bei der Verwendung von Transformatoren für Steuerzwecke ist auf den Spannungsabfall zu achten. Dieser ist in Deutschland noch nicht genormt worden. Es wird notwendig sein, den z. B. für Schütze an sich zulässigen Spannungsabfall von  $\pm 10\%$  zur Hälfte dem Transformator und zur Hälfte dem Netz zur Verfügung zu stellen.

<sup>1</sup> H. Franken: Die Einschaltströme in Motorenkreisen und die Auswirkung auf die Schaltgeräte. VDE-Fachber. 12 (1948).

<sup>2</sup> s. a. VDE 0114.



In der Zusammenfassung wird festgestellt, daß die amerikanischen Geräte offenbar den britischen nicht überlegen sind, daß aber die Geräte auf dem Kontinent bezüglich der Größe einen kritischen Punkt erreicht haben und im allgemeinen kleiner sind als die britischen. Die Diskussionsreden wiesen daraufhin, daß die elektrische Ausrüstung von Werkzeugmaschinen in erster Linie eine Frage der Ausführung der Schaltgeräte ist. Es dürfte keinesfalls an ihnen gespart werden, wie das in der Vergangenheit oft geschah. Auch kam in der Diskussion die in Deutschland ebenfalls immer wieder angeschnittene Frage des „Schönheitsbegriffes“ bei den Steuerungen zur Sprache. Man hielt es für unglücklich, daß in vielen Fällen das ansprechende Aussehen für den Verkauf die Hersteller von Werkzeugmaschinen veranlaßt hat, die Vorrichtungen und Schalteinrichtungen so in die Werkzeugmaschine einzubauen, daß sie zwar gut aussehen, aber zum Nachteil der Arbeit des Unterhaltungspersonals. Auf keinen Fall sollte die Stromlinie der Werkzeugmaschine hinter der Zugänglichkeit den zweiten Platz einnehmen. Von mehreren Seiten wurde auf die bevorzugte Lage des Hauptschalters hingewiesen. Er müsse ein Aussehen haben, das jederzeit von jedermann erkennbar sei.

Es wurden Fälle angeführt, in denen durch die Verwechslung von Haupt- und Betriebsschalter Schäden aufgetreten sind. Der Haupt- und Betriebsschalter sollte für den Arbeiter so handlich wie möglich sein, damit er auch wirklich als Trennschalter gebraucht wird, z. B. wenn der Arbeitsgang gewechselt wird, um die Unfallgefahren bei unbeachtetem Bedienen der Betätigungsschalter und eingeschalteten Hauptschalter auszuschließen. Die voraussichtliche Lebensdauer sollte zu der der Werkzeugmaschine in Beziehung stehen. Interessant ist es, daß mehrfach zum Ausdruck kam, wie wichtig es sei, auf den Motoren die Einschaltströme zu finden, weil davon das Wirken der Schaltgeräte abhängt. Diese Forderung deckt sich mit der auch in Deutschland erbobenen<sup>1</sup>.

Fkn

DK 621.316.5.066.6

**Mechanischer Abrieb von Schaltstücken.** [Nach M. G. Diehl: Electrotechnik 28 (1950) S. 218; 4 S., 8 B.]

Der Verfasser behandelt den mechanischen Abrieb von Schaltstücken, dessen Anteil bei dem Gesamtverschleiß der Schaltstücke gegenüber dem elektrisch-thermischen Verschleiß häufig nicht beachtet wird. Bei einem Versuch, bei dem die Schaltstücke weitgehend Relativbewegung aufwiesen, zeigte sich der mechanische Verschleiß größer als die Hälfte des Gesamtverschleißes. Dabei ist der mechanische Verschleiß allein durch einen Versuch ohne Strombelastung festgestellt worden. Der wirkliche Anteil der Verschleißkomponente ist wohl noch erheblich höher anzusetzen, da erfahrungsgemäß das durch die Stromnarben deformierte Schaltstück noch höhere Reibungsverluste bedingt. Man möchte also annehmen, daß bei Wegfall der Reibung der elektrisch-thermische Verschleiß noch bedeutend kleiner sein würde als aus dem Unterschied der beiden Meßergebnisse berechnet. Es ist außerordentlich wichtig, den Reibungsverschleiß möglichst vollständig zu vermeiden, eine Forderung, die aber nur erfüllbar ist, wenn Oxydation ausgeschlossen ist, d. h. Edelmetalle angewendet werden. Aus dem gleichen Grunde ist es auch nicht möglich, mit einer Konstruktion zu arbeiten, die praktisch vollständig rollende Kontaktgebung bewirkt, weil die Entfernung der Oxydhäute nicht mehr gewährleistet ist. Außerdem ist erfahrungsgemäß eine wirklich rollende Reibung nur ein idealer Anfangszustand, der bei elektrisch-thermischer Beanspruchung der Schaltstücke zum mindesten streckenweise verschwindet. Über den Abrieb derartiger Metallteile sind praktisch noch keine Angaben festzustellen, weil sonst bei Reibungsproblemen Schmiermittel benutzt werden und man die Frage: was geschieht, wenn trockene Reibung entsteht, nicht untersucht hat.

Der Anteil des Reibungsverschleißes bei Walzenschaltern ist aber schon früher kurz behandelt worden<sup>1</sup>, wobei ebenfalls im Gegensatz zur Praxis konstanter, vom Strom unabhängiger Verschleiß angenommen wurde, während unter dem Einfluß der Stromnarben sein Anteil gegenüber dem Leerlauf erhebliche Vielfache annimmt.

Aus der Tatsache, daß Schaltstücke in Öl einen viel stärkeren Verschleiß aufweisen als Schaltstücke in Luft,

schließt der Verfasser, daß die Fettung der Schaltstücke, die gelegentlich angewendet wird, gleiche Folgen haben muß. Dieser Schluß ist nicht ohne weiteres zulässig. Bei der gleitenden Bewegung eines Walzenschalters, bei der auch nach dem ersten Kontaktschluß noch Reibung auftritt und Verschleißprodukte weiterhin zur Stoffentfernung führen, hat die Fettung einen wirklich gesamtverschleißvermindernden Einfluß, zum mindesten gibt es genügend Fälle, bei denen das so ist.

Dann wird von Versuchen berichtet, bei denen die nach der Anzahl der Schaltungen zulässigen Kontaktdrücke eines hin- und herbewegten Kupferstückes ermittelt werden. Höhere Drücke als beispielsweise  $1/2$  kg/cm<sup>2</sup> sind nur bei ganz wenigen Schaltungen zulässig, so daß man aus diesem Ergebnis die Erfahrung bestätigt findet, daß es zum mindesten bei Anwendung von Kupfer auf Kupfer nur verhältnismäßig geringer Kräfte bedarf, um den trockenen Reibungsverschleiß herbeizuführen. Für eine möglichst weitgehende rollende Reibung ist die Beachtung gewisser kinematischer Grundsätze wichtig. Es werden in dieser Richtung Vorschläge gemacht. Zusammenfassend stellt der Verfasser fest, daß es eine große Anzahl von Faktoren gibt, deren Zusammenhang komplizierter Art ist, um etwa voraussagen zu können, wie groß der Abrieb sein wird. Die rollende Reibung sei in den seltensten Fällen über den ganzen Bereich durchführbar und in jedem Fall so, daß die stärker gekrümmte Kontaktfläche auch den stärkeren Abrieb aufweist.

Die Behandlung dieser Fragen ist außerordentlich interessant und es wäre wünschenswert, wenn noch mehr Material zusammenkäme. Aus der Erfahrung des Berichters kann gesagt werden, daß sich als eine besonders günstige Kombination die Verwendung zweier verschiedener Stoffe herausgestellt hat, wobei das eine Metall eine verhältnismäßig große, das andere eine weniger große Härte aufweist. Leider ist bei der bisher bekannten günstigsten Kombination, d. i. die von Silber auf Stahl, die eine Seite mit geringer Leitfähigkeit behaftet. Sie kommt in der Praxis für Geräte mit gleitender Schaltstückbewegung (Walzen) in Betracht, bei denen verhältnismäßig geringe Ströme, z. B. Steuerströme oder Ströme kleiner Motoren zu bewältigen sind und erfahrungsgemäß sonst der Materialverschleiß durch Reibung den elektrisch-thermischen Verschleiß weit überwiegt. Mit dieser Anordnung kommt man auf Verschleißzahlen von vielen Millionen.

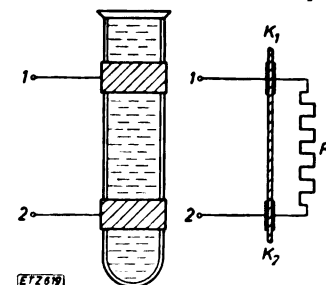
Fkn

**Meßgeräte und Meßverfahren**

DK 621.317.331/.332 : 532.69

**Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Flüssigkeiten ohne Elektroden.** [Nach F. Klutke: Arch. techn. Messen 1950, V 3514—5; 4 S., 11 B.]

Die bekannte Wechselstrombrücken-Methode von Kohlrausch zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit wird selten verwendet, weil die platinieren Platin Elektroden bei empfindlichen Meßobjekten, wie sehr verdünnten Lösungen, Wasserstoffsperoxyd, manchen organischen und vielen biologischen Flüssigkeiten, ebenso wie bei aggressiven Flüssigkeiten (starke Säuren, Königswasser) nicht gut anwendbar sind. Die Mittel der Hochfrequenztechnik erlauben nun, den Meßstrom auf das Meßobjekt ohne in die Flüssigkeit direkt eingetauchte Elektroden auf kapazitivem Wege zu übertragen. (Die induktive Übertragung ist erst bei



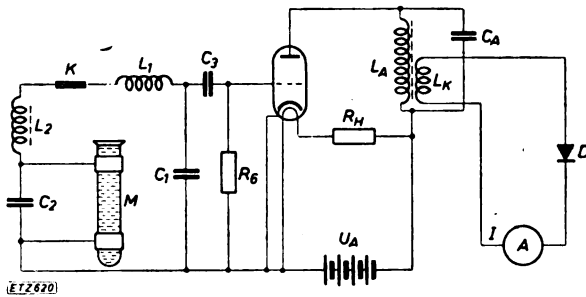
R Flüssigkeitswiderstand  
K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> Kopplungskapazitäten  
Bild 4. Der kapazitive Meßfühler  
und seine Ersatzschaltung.

sehr hohen Frequenzen meßtechnisch verwendbar.) Das Prinzip der Übertragung zeigt Bild 4: ein dielektrisches Gefäß (aus Glas, Keramik, Kunststoff) trägt zwei Belege 1, 2, die mit der Flüssigkeitsoberfläche Kapazitäten bilden, die sehr viel größer sind, als die Kapazitäten zwischen den Belegen. Der kapazitive Leitwert der Teilkapazität zwischen den Belegen „innerhalb der Flüssigkeit“ muß klein sein gegen den (ohmschen) Leitwert der Flüssigkeitssäule. Dann geht die Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit nicht in die Messung ein, der Verschleissstrom verläuft in der Gefäßwand und ist räumlich von dem Leitungsstrom in der Flüssigkeit getrennt; es gilt die im Bild 4 gezeichnete Ersatzschaltung.

<sup>1</sup> H. Franken: Verschleißfeste Schaltgeräte. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1940) S. 124.

## Lichttechnik

DK 621.327.4 : 778.534.2



C Kapazitäten, D Kristalldiode, I Meßgerät, L Induktivitäten, M Meßgefäß, R Widerstände,  $U_A$  Anodenspannung, K HF-Kabel.  
Bild 5. Die Prinzipschaltung des Dephimeters.

Der komplexe Widerstand einer solchen Anordnung hängt außer von den Abmessungen und dem Material des Gefäßes nur von der Leitfähigkeit der Flüssigkeit ab, er läßt sich grundsätzlich mit allen bekannten Methoden der Hochfrequenz-Meßtechnik bestimmen. Man kommt zu einer direkt anzeigenden Methode, wenn man mit der Anordnung nach Bild 4 die Amplitude eines HF-Generators ändert, die man entweder durch ein besonderes Gleichrichterinstrument oder mit Hilfe des Anodenstromes der Röhren messen kann. Die Prinzipschaltung eines technischen Gerätes (Dräger-Dephimeter nach Dr. Klutke) zeigt Bild 5. Die Anwendungsmöglichkeiten des Gerätes sind so zahlreich, daß sie nicht alle aufgezählt werden können: Prüfung von destilliertem Wasser, von Trink- und Flußwasser, Abwässern; Überwachung der Gleichmäßigkeit von Flüssigkeiten mit elektrischer Leitfähigkeit; Überwachung von chemischen und biologischen Vorgängen (Reaktionsverläufe, Gärung, Bakterienwachstum), Messung der Leitfähigkeit auch empfindlicher (z. B. biologischer) und aggressiver Flüssigkeiten und vieles andere.

Vb

DK 621.317.39.082.61

**Dehnungsmessung mit Widerstandsdrähten.** [Nach L. Merz: Arch. techn. Messen V 91122—11 (1950); 6 S., 5 B.]

Die Tatsache, daß Drähte ihren elektrischen Widerstand bei Dehnung ändern, ist bereits seit den Frühzeiten der elektrischen Meßtechnik bekannt. Die erste technische Anwendung dieses Effektes stammt wohl von N e r n s t<sup>1</sup>. Sein Indikator zum Messen von Gas- und Flüssigkeitsdrücken geriet aber bald in Vergessenheit. Erst in den Jahren vor dem zweiten Weltkrieg ist das Verfahren in den Vereinigten Staaten wieder aufgegriffen worden. Inzwischen sind erstaunliche Fortschritte gemacht worden, und zwar sowohl in der Entwicklung der Geräte, als auch im Umfang ihrer Herstellung und Verwendung. Die Zahl der dort hergestellten Dehnungsmesser überschreitet bereits mehrere Millionen. Die Entwicklung ist dabei zwei verschiedene Wege gegangen. Der eine führte zu einem mehr konservativen feinmechanischen Gerät, dem Statham-Element (Statham Gage), der zweite zu einem mehr revolutionären elektrischen Bauelement, dem Dehnungsmeßstreifen (SR-4-Gage) der Baldwin Locomotive Works.

Das Statham-Element besteht aus zwei Hauptteilen, einem Rahmen, der einen Teil des Gehäuses bildet, und einer Platte, die im Rahmen beweglich an Spannbändern aufgehängt ist. Die Bewegung wird auf die bewegliche Platte mit Hilfe einer Stoßstange übertragen. Vier Drahtelemente sind zwischen Stiften ausgespannt, von denen je 4 an der beweglichen Platte und je 4 am Rahmen befestigt sind. Die Drahtelemente sind so angeordnet, daß sie bei Bewegung der Stoßstange paarweise be- oder entlastet werden.

Das SR-4-Element besteht aus einem mäanderförmigen Widerstandsdraht, der durch Papier isoliert ist. Das SR-4-Element wird mit seiner ganzen Fläche auf das zu untersuchende Werkstück wie eine Briefmarke aufgeklebt. Ähnlich dem SR-4-Element sind die Dehnungsmeßstreifen der Firmen Philips und Huggenberger<sup>2</sup>.

Die Anwendungen der Dehnungsmesser, die handelsüblichen Abmessungen der SR-4-Elemente und die Theorie der Widerstandsänderung wird dargestellt. In einem späteren Aufsatz werden die Maßnahmen zur Temperaturkompensation noch eingehend erörtert werden.

Eb

<sup>1</sup> G. Kei n a t h: Die Technik elektrischer Meßgeräte, Bd. 2, 3. Aufl., S. 329. R. Oldenbourg, München und Berlin 1928.

<sup>2</sup> s. a. ETZ 72 (1951) H. 1, S. 11.

**Neue Lichtquellen für den Farbfilm.** — In der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft zu Berlin sprach kürzlich Dr. L a r c h é über neue Lichtquellen für den Farbfilm. Aus dem Gebiet der Kinoprojektion muß die Entwicklung neuer Lichtquellen in erheblichem Maße die zu erwartende weitere Umstellung auf den Farbfilm berücksichtigen, d. h. die Lichtquellen müssen gut an das Tageslicht angepaßt sein. Die vor und im Kriege entwickelten Quecksilber-Höchstdrucklampen hoher Leuchtdichte befriedigten auch bei farbverbessernden Zusätzen von Cadmium und Zink nicht die gestellten Ansprüche, so daß die Forschung nach neuen Möglichkeiten suchen mußte. Die Entwicklungsarbeiten der Osram-Studiengesellschaft nach dem Kriege führten zu einer Xenon-Lampe, die ein kontinuierliches und praktisch tagesslichtgleiches Licht gibt und damit für die Kinotechnik — aber auch für andere Verwendungszwecke — außerordentlich wertvolle Eigenschaften aufweist. Von violett bis rot werden alle Farben gut wiedergegeben. Es gelingt hier, Leuchtdichten zu erzielen, die die der Sonne noch übertreffen, und weiterhin, außerordentlich große Lichtströme zu erzeugen.

Bei einem Fülldruck von 10 at läßt sich ein stabil brennender Bogen erzielen und die Leuchtdichte von bisher 20 ksb auf 200 ksb erhöhen. Damit werden die beim Beckbogen und bei anderen Lichtquellen erreichten Werte übertroffen, und es können sowohl kleine Leuchtflächen von 0,3 mm Durchmesser bei 100 W Leistungsaufnahme als auch solche von einigen Quadratmillimetern bei Leistungsaufnahmen bis zu 2 kW erzeugt werden. Die gute Farbwiedergabe wurde im Vortrag durch besondere Meßverfahren bestätigt und anhand von Farbtafeln demonstriert.

Die Xenon-Lampe läßt sich in ihrer Lichtstärke in weitem Bereich und ohne Änderung der Lichtfarbe regeln und kann mit Spezialzündgeräten jederzeit gezündet und wiedergezündet werden. Für besonders hohen Lichtstrombedarf in Ateliers ist eine wassergekühlte Ausführung von 3 bis 10 kW mit Lichtströmen von 100 ... 300 klm vorgesehen. Die Abmessungen des Entladungsgefäßes werden durch die Wasserkühlung besonders klein und einfach, und es ist zu hoffen, daß dieser Vorteil die Unbequemlichkeit der Wasserkühlung in der Praxis aufwiegt. Die Demonstration einer 6 kW-Lampe dieser Art zeigt deutlich die tagesslichtgleiche Lichtfarbe, die hohe Lichtstärke und die sofortige Betriebsbereitschaft. Die Wiedergabe eines Farbfilm-Ausschnittes war die erste öffentliche Filmaufführung mit einer Xenon-Projektionslampe in Deutschland.

Eine Abart der neuen Xenon-Lampe ist die Xenon-Blitzlichtlampe, die beinahe beliebig oft als Momentbeleuchtungsquelle für photographische Zwecke verwendet werden kann. Sie hat bei einer Beleuchtungsdauer von 1/10 000 s eine Lichtstromsumme von 5 000 ... 10 000 lms, wobei 50 000 Lichtblitze kaum vermindert auf die ausgesandte Lichtsumme wirken.

DK 621.317.39 : 621.327.4

**Präzisionsmessungen an Gasentladungslampen.** [Nach I. M a r t e r s t o c k: Licht-Techn. 2 (1950) S. 177; 4 1/2 S., 9 B.]

Der Verfasser setzt sich zum Ziel, Rechenschaft darüber abzugeben, welche Meßgeräte für die Strom-, Spannungs- und Leistungsmessung an Gasentladungslampen in der Präzisionsphotometrie einzusetzen sind, damit Unterschiede von 1 ... 2% im Lichtstrom mit Sicherheit erkennbar sind. Das Problem erhält dadurch seine Besonderheit, daß 1. die Ströme und Spannungen von der reinen Sinusform abweichen und 2. Parallelstromkreise zur Gasentladungslampe einen merkbaren, aber nicht ohne weiteres in die Augen fallenden Einfluß auf das Betriebsverhalten der Lampe haben können. Diese Tatsachen werden an Hand von Oszillogrammen erläutert. Im Anschluß hieran wird die Verwendbarkeit der verschiedenen Meßwerksysteme unter Zugrundelegung der allgemeinen Ausführung nach ATM-J-70-4 eingehend diskutiert und durch eigene Messungen erweitert und bestätigt. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß sich zur Strommessung am besten Präzisions-Drehstrominstrumente und Thermoumformergeräte eignen, für die Spannungsmessungen schlägt er das elektrostatische Meßwerk vor. Der spezifische innere Widerstand im Spannungsplatz von Wattmetern muß bestimmte Mindestwerte übersteigen, die von der zu messenden Lampentype abhängig sind.

Durch ihre breite Anlage und eingehende Diskussion sowie den Hinweis auf das bedeutendste Schrifttum auf diesem Spezialgebiet ist diese Arbeit aus der Osram-Entwicklungsabteilung leicht verständlich und lehrreich. Sie

### Elektrowärme

DK 621.365.92 : 621.315.612

**Anwendungsgebiete für Hochfrequenz-Helzung in der Keramik.** — Auf einer Tagung der Rheinischen Bezirksgruppe der Deutschen Keramischen Gesellschaft berichtete H. F. Schwenkhagen über die Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenz-Erhitzung in der Keramik. Von Sonderfällen abgesehen, kommt die Erhitzung bis zur Sintertemperatur nicht in Frage. Nur die Trocknung keramischer Massen mit Hochfrequenz erscheint technisch und wirtschaftlich durchführbar. Es wird gezeigt, daß für die Geschwindigkeit Grenzen durch die Materialkonstanten der zu trocknenden Stoffe gesetzt sind, die jedoch praktisch nicht erreicht werden können, weil die Überdruckentwicklung in den Massen zu unerwünschten Zerstörungen der Struktur führen. Wegen der Kostspieligkeit der Hochfrequenzenergie und der mit steigender Einwirkungszeit stark steigenden Verluste verliert aber die Hochfrequenzheizung an wirtschaftlichem Interesse, wenn man die Einwirkungszeit verlängert. Über das wirtschaftliche Optimum liegen noch keine Untersuchungen vor. *Ab*

DK 621.365.65 : 664.95

**Fischverarbeitung mit Infrarotstrahlen.** — Bisher wurden die Fische in Konservenfabriken gekocht oder gedünstet, bevor sie in die Dosen kamen. Nach dem neuen Verfahren werden sie roh in Dosen geschichtet und mit Infrarotstrahlen gar und genußfertig gemacht. Durch dieses Verfahren werden die Fische nicht mit der Hand berührt. Außerdem werden die Bakterien getötet, und durch Gerinnen der Eiweißstoffe wird ein Teil des Fischgewebewassers mit seinem natürlichen Gehalt an Fett, Eiweiß und Nährsalzen ausgeschieden. Dieses Fischgewebewasser und Fischfett wird für die Saucenbereitung verwendet. In einem Rahmenstell von 13 m Länge und 1,80 m Höhe sind die Strahler angebracht. Die von den Lubecawerken in Lübeck hergestellte Maschine soll ein Zusatzgerät erhalten, mit dem der Fisch in wenigen Sekunden durch elektrisches Räuchern vor dem Schließen der Dosen Rauchgeschmack erhält. Für den Export ergeben sich dadurch große Möglichkeiten. *Is*

### Verkehrstechnik

DK 621.333

**Aufhebung der Feldschwächung bei Motoren im Straßenbahnbetrieb.** [Nach H. Hoppe: Elektr. Bahnen 21 (1950) S. 177; 4 1/2 S., 7 B.]

Um einen Überblick darüber zu bekommen, in welchem Maße die beabsichtigte Entlastung der Motoren durch Sperrung der Feldschwächung möglich ist, bedient man sich am zweckmäßigsten der bewährten Methode der Fahrdiagramme. Letztere stellen ein graphisches Verfahren dar, das ausgehend von den Motorkennlinien die Geschwindigkeit des Fahrzeuges vom Beginn der Bewegung bis zu dem nach Durchfahrt eines bestimmten Haltestellenabstandes erreichten Stillstand erkennen läßt, und zwar in jedem Zeitpunkt mit den jeweils zurückgelegten Wegabschnitten.

Das Verfahren gestattet es ferner, den hierfür aufgewandten Energieverbrauch und den Effektivstrom mit Leichtigkeit zu ermitteln, wobei letzterer als Maßstab für die Erwärmung des Motors dient.

Voraussetzung für die Ermittlung der für die Beurteilung erforderlichen Arbeitsverbrauchs- und Motorbeanspruchungswerte sind dabei Diagramme, die in jeder Beziehung für beide Betriebsfälle, d. h. mit und ohne Feldschwächung, vergleichsfähige Werte ergeben. Zu diesem Zweck ist es notwendig, unter Zugrundelegung eines bestimmten Haltestellenabstandes die vorgenannten Werte für verschiedene Fahrzeiten zu ermitteln. Getrennte Fahrdiagramme für die beiden zu untersuchenden Betriebsfälle bieten unter Eintragung verschieden langer Ausläufe die Möglichkeit hierzu. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Bild 6 in Abhängigkeit von der reinen Fahrzeit (ohne Haltezeit) aufgetragen. Dadurch ist es möglich, die Werte bei gleichen Fahrzeiten gegenüberzustellen und so den Einfluß der durch die Sperrung der Feldschwächung bedingten Drehzahlverringeringung zu eliminieren. Beide Kurvenpaare sind für einen Motor aufgestellt, der besonders überbeansprucht war.

Betrachtet man ihren Verlauf in Richtung der zunehmenden Fahrzeit, so wird deutlich erkennbar, daß die Unterschiede des größeren Wh-Verbrauches bei vollem Feld im Vergleich zu demjenigen bei Feldschwächung immer kleiner werden und sich schließlich angleichen, die Vorteile in der günstigeren Beanspruchung bei vollem Feld dagegen immer mehr zunehmen. Die Kurven für den Effektivstrom zeigen weiterhin, daß bereits eine verhältnismäßig geringe Verlängerung der reinen Fahrzeit eine wesentliche Senkung der Beanspruchung bewirkt. Geht man davon aus, daß auch bei Betrieb mit vollem Feld noch ein ausreichender Zeitrückhalt für Verspätungen und sonstige Störungen erforderlich ist, so würde sich beispielsweise eine Verlängerung von 68 (bisheriger Fahrplan) auf 74,5 s = rd. 9%, oder bei einer Haltezeit von 15 s = rd. 7%, bezogen auf Reisezeit, ergeben. Dieser Verlängerung steht eine Senkung der Beanspruchung von 68,5 auf 55,8 A = rd. 18% gegenüber. Der Arbeitsverbrauch liegt mit 45,5 Wh/tkm bei vollem Feld unter dem entsprechenden von 50,5 bei Feldschwächung. *Eb*

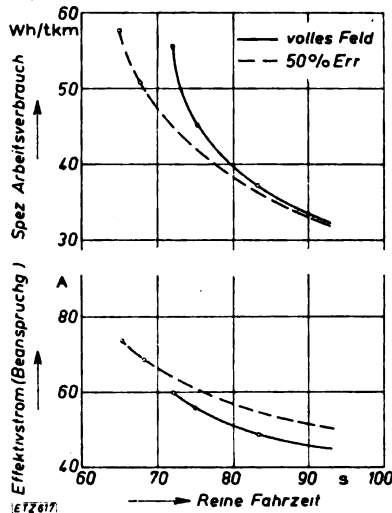


Bild 6. Effektivstrom und spezifischer Arbeitsverbrauch als Funktion der reinen Fahrzeit.

Der Arbeitsverbrauch liegt mit 45,5 Wh/tkm bei vollem Feld unter dem entsprechenden von 50,5 bei Feldschwächung. *Eb*

DK 621.336

**Stromabnehmer mit Aluminiumschleifstück für Abraumbagger.** [Nach „Der Kumpel“ 1950, H. 21, S. 4.]

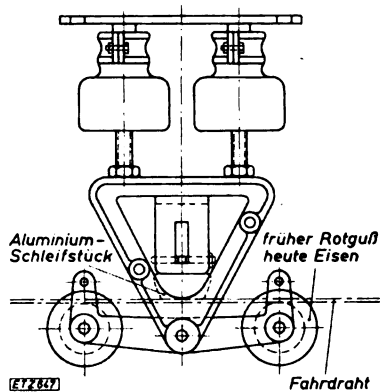


Bild 7. Neue Stromabnehmeranordnung für Abraumbagger.

Das häufige Auswechseln der durch die Funkenbildung zerstörten Bronzerollen bei den Stromabnehmern für Abraumbagger war die Veranlassung, einen neuen Stromabnehmer für Abraumbagger zu entwickeln. Bisher wurde der Strom über 2 Abnehmer mit 4 Rotgußrollen von der Baggerleitung abgenommen. Die Rollen mußten alle 4...6 Wochen ausgewechselt werden. Durch den Stromübergang von den Rollen

über die Walzen nach dem Kabel war oft ein Festbrennen der Walzen mit den Rollen verbunden. Dadurch wurde das Auswechseln der Rollen erschwert.

Bei der in Bild 7 dargestellten neuen Anordnung wird in dem bisherigen Stromabnehmer ein Aluminiumschleifstück mit Federdruck eingebaut. Ferner werden die Rotgußrollen durch Eisenrollen ersetzt, weil sie nur noch die Aufgabe haben, die Baggerleitung auszuheben. *Sgd*

### Fernmeldetechnik

DK 621.394.73 (42 + 489)

**Ein englisch-dänisches Telegraphenkabel.** [Nach The Engineer (1950) Nr. 4931.]

Zwischen England und der dänischen Insel Fanoe wurde jetzt das erste und bisher längste konzentrische Seekabel über 366 Seemeilen verlegt, welches im Endausbau 36 Fernschreibkanäle zwischen London und Kopenhagen bietet. Die Kennwerte des Kabels je Seemeile sind folgende:

Gleichstromwiderstand des Innenleiters	2,21 $\Omega$
Kapazität	0,185 $\mu\text{F}$
Gleichstromisolationswiderstand	$2 \times 10^4 \text{ M}\Omega$
Dämpfung bei 5 kHz	0,34 db
10 kHz	0,44 db
15 kHz	0,52 db
20 kHz	0,59 db

II

DK 621.396.647.2—4

### Neue Aufbauweise tonfrequenter Betriebseinrichtungen.

[Nach A. L u n i a k : Mitt. Südwestfunk v. 20. 3. 51; 2 S., 8 B.]  
Verstärker, Regel- und sonstige Betriebseinrichtungen werden in der Nachrichtentechnik meist in großen Gestellen zusammengebaut. Diese Aufbauweise ist auch für die tonfrequenten Einrichtungen im Rundfunk-Studiobetrieb üblich, die Gestelle bestimmen das Aussehen der Regieräume, während die Aufnahmebereiche möglichst wenig technisches Gerät enthalten.

Im neuen Musikstudio des Südwestfunks hat man nun auch in den Regieräumen weitgehend die technischen Einrichtungen optisch unauffälliger angeordnet, sie wurden sämtlich im Regietisch vereinigt (Bild 8). Das wurde möglich, da der Südwestfunk einen selbstentwickelten Mikrophonverstärker einsetzt, der nur den siebenten Teil des Raumes des bisherigen V 41 einnimmt. Die noch in der alten geräumigen Bauart vorhandenen Geräte sind in einem Klapprahmen befestigt, der sich bis etwa  $45^\circ$  ausschwenken läßt, so daß man die eingebauten Teile auch von hinten erreichen kann.

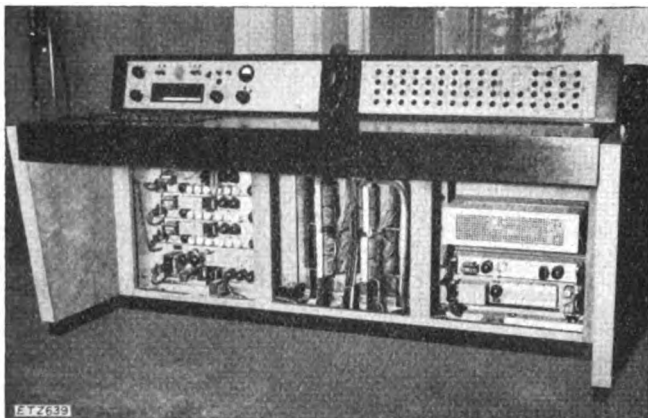


Bild 8. Musikregie des SWF in Baden-Baden. Vorderansicht des Regietisches mit abgenommenen Abdeckplatten.

Die linke Hälfte des Regietisches ist der Platz des Toningenieurs; rechts arbeitet der Tonmeister, dort ist auch das Klinkenfeld untergebracht, mit dem in Störungsfällen Ersatzschaltungen durchgeführt werden können.

Auch der Tonträgeraum, der die Tonaufzeichnungsgereäte (Magnetophone) enthält, wurde gestellos eingerichtet. — Der Südwestfunk will mit dieser neuen Studiobauart einen Versuch machen und es wird sich zeigen, ob die Vorteile der bewährten Gestellbauweise (Übersichtlichkeit, Zugänglichkeit, leichte Austauschbarkeit und Betriebssicherheit wegen der räumlich großzügigen Bauweise der Geräte) jetzt auch noch in genügendem Maße vorhanden sind. BV

## Physik

DK 537.312.5

### Theorie der lichtelektrischen Leitung in Mischleitern.

[Nach F. S t ö c k m a n n : Z. Phys. 128 (1950) S. 185; 26 $\frac{1}{2}$  S.]

Der lichtelektrische Primärstrom entsteht durch Quantenprozesse, bei denen im Kristallgitter frei bewegliche Elektronen entstehen. Sie bewegen sich in einem elektrischen Feld und werden nach einer bestimmten Zeit vom Gitter wieder eingefangen. Während der Lebensdauer legen die freien Elektronen den Schubweg zurück; die Wandlungsgeschwindigkeit hängt von der Feldstärke ab. Wird der Schubweg größer oder ebenso groß wie die in der Feldrichtung liegende Abmessung des Kristalls, so erreichen alle befreiten Elektronen die Anode. Der lichtelektrische Strom ist dann gesättigt. Diese lichtelektrischen Primärströme werden in den meisten Photoleitern durch sekundäre Effekte beachtlich modifiziert. Man beobachtet in vielen Fällen Quantenausbeuten von mehreren hundert; ein absorbiertes Lichtquant verursacht also einen Ladungstransport von mehreren hundert Elektronen.

Die komplizierten Sekundärvorgänge lassen sich durch die Deutung der Photoleitung als eine photochemische Reaktion erklären, bei der freie Elektronen im Kristallgitter die Reaktionspartner bilden. Mit dieser Vorstellung konnte man bei Zinkoxyd sowohl die stationären Ströme, als auch die An- und Abklingvorgänge quantitativ richtig berechnen. Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, die bisher für primäre und sekundäre Vorgänge getrennt abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten unmittelbar aus den Grundgleichungen des elektrischen Leitungsvorganges herzuleiten.

Bei fast allen bisher untersuchten Photoleitern gilt das Ohmsche Gesetz in seiner differentiellen Form. Abweichungen treten im allgemeinen nur bei Substanzen mit sehr geringer Leitfähigkeit auf; bei diesen haben die Randgebiete eine so große Ausdehnung, daß die Abweichungen möglicherweise durch die komplizierten Raumladungsverhältnisse in den Randschichten hervorgerufen werden.

In dem belichteten Kristall werden in den „Quellen“ durch die absorbierenden Lichtquanten Elektronen freigesetzt, die an anderen Stellen wieder eingefangen werden. Man beschreibt beide Vorgänge am einfachsten als Dissoziation oder Rekombination. Die photochemischen Reaktionen können dabei sehr verschiedener Natur sein. Werden in einem Überschuleiter durch die Lichtquanten Defektelektronen freigesetzt, so kann unter Umständen die Leitfähigkeit bei Belichtung abnehmen, weil Überschuß- und Defektelektronen miteinander rekombinieren.

Unter der Voraussetzung, daß man gewisse summarische Aussagen über den Reaktionsmechanismus machen kann, wird vom Verfasser die Kontinuitätsgleichung des Elektronenstroms für Überschuß- und Defektleiter aufgestellt. Nimmt man noch die Poissonsche Gleichung hinzu, so können Stromdichte und Feldstärke berechnet werden. Aus den angegebenen Gleichungen leitet der Verfasser die Sättigungsstromdichte, die Verstärkung und das exponentielle Abklingen des Photostromes ab. Die Verstärkung kommt dadurch zustande, daß in dem Gebiet unmittelbar vor der Kathode durch die Belichtung des Kristalles die Feldstärke beträchtlich erhöht wird, weil die im Inneren des Kristalles freigesetzten Elektronen die Leitfähigkeit im Kristall erhöhen. Durch das erhöhte Feld wird ein zusätzlicher Strom frei, der Feldstrom. Die Erhöhung der Feldstärke vor der Kathode ist in Mischleitern eben so wie bei reinen Ionenleitern. Dabei macht der Verfasser die Voraussetzung, daß das Gebiet unmittelbar vor der Kathode nicht belichtet wird. Wegen der endlichen Abklingstrecke des Teilchenstromes ist die Verstärkung von der Lage der beleuchteten Stelle zwischen den Elektroden abhängig.

Der Verfasser verallgemeinert seine Ergebnisse auf räumlich ausgedehnte Leiter und berücksichtigt die Abhängigkeit der Ionenleitfähigkeit von der Belichtung. Neben den Mischleitern, in denen Ionen und Elektronen nebeneinander die Leitung besorgen, betrachtet er auch reine Elektronenleiter (Halbleiter). In diesem Falle vereinfacht sich das Gleichungssystem sogar erheblich. Hier verschwindet der lichtelektrische Teilchenstrom völlig, die Leitung wird ausschließlich durch den Feldstrom besorgt. In Halbleitern ist die Verstärkung unabhängig vom Ort der Belichtung. Große Verstärkung hat notwendig eine große Trägheit der lichtelektrischen Ströme zur Folge.

Neben der Einstrahlung von Lichtquanten gelten die in der vorliegenden Arbeit abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten auch für Dissoziationsvorgänge, die thermischer Natur sind oder durch die Einstrahlung energischer  $\gamma$ -Quanten ausgelöst werden. Schließlich können auch eingestrahelte Korpuskeln zu Photoleitung führen. Alle diese Vorgänge sind durch das neu aufgestellte Gleichungssystem widerspruchsfrei und teilweise quantitativ zu fassen. Die eigentlichen physikalischen heute interessierenden Vorgänge sind, wie der Verfasser abschließend bemerkt, die Abhängigkeit der Reaktionskinetik des Dissoziationsvorganges von äußeren Parametern: Temperatur, Wellenlänge, Störstellenkonzentration usw.

Eu

DK 53 : 649.817

### Physik in der Metallkunde.

[Nach G. M a s i n g : Metallkunde (1950) S. 171.]

Der Nestor der deutschen Metallforschung hat jetzt die Bedeutung der Physik für die Forschung und Erkenntnisse auf dem Gebiete der Metallkunde gewürdigt: „Ein Träger des wissenschaftlichen Fortschrittes kann auf dem Gebiete der Metallkunde heute beinahe ausschließlich nur ein von ausgebildeter Physiker sein oder einer, der sich die notwendigen Kenntnisse nachträglich angeeignet hat.“ Ähnlich wie auf anderen Gebieten, z. B. beim Eindringen in das le-

nere der Atome und der Atomkerne oder den Feinbau der Materie, ist die Physik in den letzten Jahren dabei, auch auf dem Gebiete der Metallkunde der Chemie den Rang abzulaufen.

Die großen Leistungen der Physik oder der physikalischen Arbeitsmethoden in der Metallkunde veranschaulicht Masing an einer Reihe von Beispielen. Hume-Rothery fand auf atomarer Basis ein Ordnungsprinzip für die intermetallischen Kristallarten (Phasen), indem er gleichartige sogenannte Hume-Rothery-Phasen dort fand, wo das Verhältnis der Valenzelektronen zur Zahl der Atome bestimmte Werte besitzt, womit also die Elektronenkonzentration als ein wichtiges, wenngleich auch nicht ausschließliches Aufbauprinzip intermetallischer Kristallarten erkannt wurde. Bei Mischkristallen zeigte die Physik durch magnetische Untersuchungen des Systems Nickel-Kupfer, daß die einzelnen Partner der Legierung nicht davor zurückschrecken, innere Elektronen unter Eingriff in das Atom auszutauschen. Auch in reinem Metall (Nickel) müssen die Elektronen des Atominnern von Atom zu Atom wandern. Auf dem Gebiete der plastischen Deformation wird gezeigt, daß ohne Anwendung der mathematischen Hilfsmittel der exakten Physik die auftretenden Probleme garnicht behandelt werden können. Die Untersuchung der mechanischen Dämpfung erfordert andererseits das gesamte Rüstzeug einer hoch entwickelten physikalischen Experimentiertechnik. Fbch

### Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.51.011.2

**Der Einfluß von kleinen Beimengungen auf die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer.** [Nach F. Pawleck u. H. Jahn: Metall 4 (1950) S. 263; 3 1/2 S., 7 B., 1 Taf.]

Bisher galten für die elektrische Leitfähigkeit von reinem Kupfer Werte von 59,0 bis 59,38 m/Ω·mm<sup>2</sup> als zuverlässige Bestwerte<sup>1</sup>. Die Frage der Beeinflussung der Leitfähigkeit durch Fremdmittelzusätze schien geklärt zu sein. Es gelang es inzwischen R. Kieffer u. W. Hotop durch pulvermetallurgische Herstellung reinsten Kupfers, Kupferdrähte mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 61,2 bis 61,6 m/Ω·mm<sup>2</sup> zu erzeugen<sup>2</sup>. Die beachtlichen Ergebnisse veranlaßten die Verfasser, den Einfluß der einzelnen Beimengungen auf die elektrische Leitfähigkeit durch umfangreichere experimentelle Untersuchungen zu klären. Wurden die von Kieffer und Hotop festgestellten Werte auch nicht erreicht, so sind die erzielten Ergebnisse überraschend und aufschlußreich.

Unter Verwendung von Kupferpulver wurden 1%ige Vorlegierungen hergestellt, pulverisiert und Cu allein oder mit den Pulvern der Vorlegierungen verpreßt, gesintert, geschmiedet, gewalzt, zwischengeglüht und zu Drähten von 1,0 mm Dmr. gezogen. Bild 9 zeigt das Gesamtergebnis. Ausgangspunkt ist der für Kupfer festgestellte Wert

von 59,12 m/Ω·mm<sup>2</sup> für die elektrische Leitfähigkeit. Während As bis heute als schädlichste Beimengung betrachtet wird, zeigen sich die Metalle Fe und Si als noch schädlicher. Bemerkenswert ist, daß der Einfluß von Fe bei Gehalten unter 0,01% P überwiegt, und daß Si und As bei diesen geringen Gehalten kaum weniger schädlich sind. Dieser starke Einfluß wird auf die fast restlose Entfernung von O<sub>2</sub> vor der Legierungsbildung zurückgeführt, eine Beobachtung, die sich mit der praktischen Erfahrung deckt, daß sorgfältig desoxydierte Proben von Raffinadekupfer eine schlechtere elektrische Leitfähigkeit aufweisen als vor der Desoxydation (Umwandlung von Eisenoxydul in metallisches Eisen). Es wird geschlossen, daß allein die Unterschiede im Reinheitsgrad Ursache der Differenz in der Leitfähigkeit sind. S—z

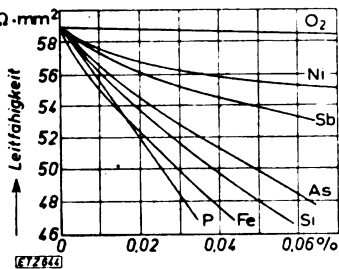


Bild 9. Einfluß von kleinen Beimengungen auf die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer.

DK 669.018 : 621.357.1

**Die elektrolytische Abscheidung von Legierungen.** [Nach E. Raub: Feinwerktechn. 53 (1949) S. 205 u. 54 (1950) S. 288.]

Es werden die theoretischen Grundlagen der Abscheidung von Legierungen behandelt und ein Überblick über die galvanischen Legierungsniederschläge gegeben unter Berücksichtigung jener, für die ein gewisser Bedarf vorliegt, die sich jedoch noch nicht einführen konnten. Der Einfluß im Metallniederschlag eingebauter, adsorptiv gebundener nichtmetallischer Einschlüsse auf die Herabsetzung der Korrosionsfestigkeit wird an Hand der Sulfidabscheidung aus Schwefelverbindungen enthaltenden Nickelbädern, derjenige auf Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit an Hand der Abscheidung jodhaltigen Silbers aus einer komplexen Kaliumsilberjodidlösung erläutert. Härtesteigerung und Kornfeinung durch Mitabscheidung nichtmetallischer Verbindungen, Erhöhung der örtlichen Stromdichte über das Grenzstromgebiet des edleren Metalls bei Metallen weit auseinander liegenden Abscheidungspotentials werden ausführlich erörtert und Betrachtungen über den strukturmäßigen Aufbau der erzeugten Niederschläge angestellt.

Während Messingniederschläge bereits ausgedehnt angewendet wurden, konnten die korrosionsfesten Bronzeniederschläge noch keine praktische Bedeutung gewinnen, obwohl im alkalischen Stannatbad ein brauchbares Verfahren gefunden wurde, das auch auf die Abscheidung ternärer Cu-Zn-Sn-Niederschläge anwendbar ist. Kupfer-Kadmiumbäder, welche bronzefarbene Niederschläge liefern, sind leichter kontrollierbar und können mit Erfolg an deren Stelle verwendet werden. Starke Niederschläge von Kupfer-Bleilegierungen auf Stahlstützschalen von Gleitlagern sind im Perchloratbad möglich, konnten sich jedoch bis jetzt noch nicht einführen. Ebensovienig die Nickellegierungen (Ni-Co, Ni-Cd, Ni-Zn, Ni-Fe). Zink-Zinnlegierungen mit 75...80% Sn werden in England verwendet und können mit Erfolg Kadmium und Zink ersetzen. An ihrer Stelle benutzt man in den USA aus cyanidischen Zink-Kadmiumbädern gewonnene Niederschläge, obwohl die Abscheidungen recht schwierig sind. An Stelle der Feuerverbleiung und zur Herstellung von Laufschriften bei Gleitlagern wurden in den USA auch galvanische Blei-Zinnlegierungen eingeführt. Weitere Betrachtungen sind den Wolfram-Silber- und -Goldlegierungen gewidmet. S—z

DK 621.315.616 : 658.562

**Wiederaufnahme der Güteprüfung von Preßmassen und daraus hergestellten Preßteilen.**

Für die Verwendung von Kunstharz-Preßteilen in der Elektrotechnik und auch im allgemeinen Maschinenbau war es sehr förderlich gewesen, daß schon 1928 Mindesteigenschaftswerte in einer Typentafel festgelegt wurden. Hierdurch wurde eine Gleichmäßigkeit der Preßmassen und der daraus hergestellten Preßteile erreicht. Die Erfüllung der Mindestanforderungen wurde dadurch gewährleistet, daß das damalige Staatl. Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem die Preßmassen und Preßteile einer laufenden Überwachung unterzog. Die Typentafel für Preßstoffe wurde im Laufe der Jahre der fortschreitenden Entwicklung angepaßt; derzeit gilt DIN 7708; entsprechende Angaben enthalten z. B. DIN 57320 bzw. VDE 0320, Regeln für Form-Preßstoffe, Preßmassen und Preßteile, die in der Zusammensetzung und den Eigenschaften der Typisierung entsprechen, wurden durch das Überwachungszeichen nach DIN 7702 gekennzeichnet. Innerhalb des Überwachungszeichens, Bild 1, wurden eingepreßt der Typ der verwendeten Preßmasse sowie ein Firmenkennzeichen, so daß später jederzeit festzustellen war, wer die Preßteile gefertigt hatte. An der Aufstellung der Typentafel waren seinerzeit die „Technische Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V.“ sowie der VDE und der Fachnormenausschuß Kunststoffe maßgeblich beteiligt. Das Überwachungszeichen ist ein eingetragenes Warenzeichen der „Technischen Vereinigung“ und genießt daher entspr. Rechtsschutz.

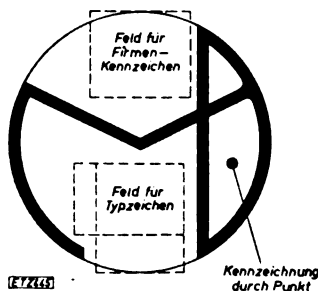
Vorteile der Überwachung. — Die Vorteile der Überwachung und der damit verbundenen Benutzung des Überwachungszeichens bestehen darin, daß dem Ver-

<sup>1</sup> vgl. E. Grüneisen u. E. Goens; Z. Phys. 44 (1927) S. 615.  
<sup>2</sup> W. Meißner; Phys. Z. 29 (1928) S. 897.  
J. Linde; Ann. Phys. 5 (1932) S. 219.  
P. Heuer, J. Amer. Chem. Soc. 49 (1927) S. 2711.  
<sup>3</sup> R. Kieffer u. W. Hotop; Metallwirtsch. 22 (1944) S. 379.



braucher umfangreiche und kostspielige Materialprüfungen erspart werden. Er weiß, daß die überwachten Preßmassen und Preßteile bestimmte Eigenschaften aufweisen. Deshalb konnte z. B. in zahlreichen VDE-Vorschriften gefordert werden, daß Voraussetzung für die Führung des VDE-Zeichens ist, daß die Preßteile das Überwachungszeichen tragen.

Bild 10. Überwachungszeichen nach DIN 7702. (Die Kennzeichnung durch den Punkt besagt, daß die das Überwachungszeichen tragenden Preßteile nach dem Wiederanlaufen der Güteprüfung hergestellt wurden und wie früher laufend überwacht werden.)



Nach dem Zusammenbruch ruhte zunächst die Überwachung der Preßmassen und Preßteile. Die vielen Vorteile, die die Überwachung allen beteiligten Preßmasse-Erzeugern und -Verarbeitern brachte, führte dazu, daß schon bald der Wunsch nach einer Wiederaufnahme der Überwachungstätigkeit geäußert wurde. Während jedoch früher nur das Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem die überwachten Preßmassen und Preßteile prüfte, legte die Industrie Wert darauf, noch ein weiteres Materialprüfungsamt einzuschalten. Deshalb wurde in der Staatl. Materialprüfungsanstalt Darmstadt eine weitere Kunststoff-Prüfstelle eingerichtet.

**Überwachung von Preßmassen.** — Zunächst wurde der Überwachungsvertrag für typisierte Preßmassen fertiggestellt. Seit Herbst 1950 können die Preßmasse-Erzeuger wieder einen Überwachungsvertrag abschließen. Den Firmen ist es freigestellt, mit welchem der beiden Materialprüfungsämter sie den Vertrag abschließen wollen. Die überwachten Preßmassen sind daran zu erkennen, daß auf der Verpackung ein Anhänger angebracht ist, auf dem das Überwachungszeichen nach DIN 7702 mit Firmenkennzeichen und Typzeichen wiedergegeben ist. 11 Preßmasse erzeugende Firmen im Bundesgebiet haben inzwischen Überwachungsverträge abgeschlossen und dabei etwa 100 Preßmasse-Reihen zur Überwachung angemeldet. Ein Teil dieser Reihen ist inzwischen überprüft und für typgerecht befunden worden; mit dem Abschluß der Prüfungen der restlichen Reihen ist in Kürze zu rechnen<sup>1</sup>.

**Überwachung von Preßteilen.** — Seit Beginn des Jahres 1951 können auch die Preßmasseverarbeiter wieder Überwachungsverträge abschließen. Sofern Preßteile aus den angemeldeten Typen nachweislich den vom Fachnormenausschuß Kunststoffe im DNA im Einvernehmen mit der „Technischen Vereinigung“ festgelegten technischen Bedingungen entsprechen, können nach Abschluß eines entsprechenden Überwachungsvertrages die Preßteile mit dem Überwachungszeichen versehen werden, in das ebenso wie früher das Typzeichen und das Firmenkennzeichen eingepreßt werden müssen.

Da jedoch auch bisher von zahlreichen Pressereien das Überwachungszeichen in den Preßteilen angebracht worden ist, ohne daß die Möglichkeit bestand, die Erzeugnisse auf ihre Eigenschaftswerte überwachen zu lassen, hat es sich als notwendig erwiesen, diejenigen Preßteile, die nach Wiederanlaufen der Überwachung hergestellt werden, besonders zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung besteht darin, daß im rechten unteren Feld des Überwachungszeichens (vgl. Bild 10) — bei zu kleiner Ausmessung des Überwachungszeichens rechts davon außerhalb — ein Punkt angebracht wird. Diese Kennzeichnung darf aber erst vorgenommen werden, wenn bestimmte Voraussetzungen durch die Pressereien erfüllt sind<sup>2</sup>. Abnehmer von Preßteilen mit dem Überwachungszeichen werden daher in Kürze die Gewähr haben, daß diese Erzeugnisse einwandfrei verarbeitet und qualitativ hochwertig sind<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Bekanntmachungen der „Technischen Vereinigung“ hierüber erscheinen in der Zeitschrift „Kunststoffe“.

<sup>2</sup> Bekanntmachungen, welche Pressereien berechtigt sind, das Überwachungszeichen auf ihren Preßteilen zu führen, erscheinen gleichfalls in der Zeitschrift „Kunststoffe“.

<sup>3</sup> Nähere Auskunft über die Fragen der Überwachung erteilt die Geschäftsstelle der „Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V.“, Darmstadt, Claudiusweg 19.

## Verschiedenes

DK 621.314.21:621.316.91

**Neue Elektronormen.** [Nach Elektronorm 5 (1951) Doppelheft 1, Ausgabe Januar-Februar 1951; 36 S., Format DIN A 4]

Es ist zu begrüßen, daß der Fachnormenausschuß Elektrotechnik<sup>1</sup> durch sein Mitteilungsblatt, die „Elektronorm“, die jeden zweiten Monat erscheint, weiteren Kreisen einen besseren Einblick in sein weites Tätigkeitsgebiet gibt. So sind in dem kürzlich erschienenen Doppelheft 1 der Elektronorm wieder 21 neue Normen-Entwürfe im vollen Wortlaut und mit einer angemessenen Einspruchsfrist veröffentlicht und 37 neue Normblätter oder Neuausgaben von bestehenden Normen bekanntgemacht worden.

Neben den allgemein interessierenden Normen-Entwürfen über Anbaumaße gewöhnlicher und druckfest gekapselter asynchroner Drehstrommotoren mit Käfigläufer (Entwürfe DIN 42670 und DIN 42671) sowie über eine neue Leistungsreihe für diese und Gleichstrommotoren (Entwurf DIN 42971), deren Entstehung in zwei Aufsätzen von Dr. Hillebrand, Berlin, dem Obmann des FNE-Ausschusses für elektrische Maschinen, beschrieben wird, behandeln die neuen Entwürfe folgende elektrotechnische Teilgebiete.

In den Entwürfen über gewebelose und gewebehaltende Isolierschläuche (Entwurf DIN 40621 Blatt 1 und 2) sind Technische Lieferbedingungen hinsichtlich Verpackungsart, Oberflächenbeschaffenheit, Festigkeit und Dehnung, Bearbeitbarkeit, Durchgangswiderstand, Spannungsfestigkeit, Beständigkeit gegen Tränkmittel, Brennbarkeit, Korrosionseinwirkung und Alterung und die hierzu notwendigen Prüfverfahren beschrieben. — Der bereits veröffentlichte Normen-Entwurf über den Straßenbahn-Fahrmotor 600 V, 60 kW/830 U/min wird in einem Zusatzentwurf (Entwurf DIN 4321, Seite 2) durch Kennlinien für diese Motoren erweitert. — Sehr zum Vorteil einer einheitlichen Steckvorrichtung für das Aufladen der Akkumulatoren gleisloser Batterie-Fahrzeuge werden Vorschläge für eine Ladesteckdose und einen Ladestecker (Entwürfe DIN 43571 Blatt 1 und 2) veröffentlicht. — Die Reihe der bereits bekanntgegebenen Entwürfe über Thermolemente wird ergänzt durch die Neufassung der bestehenden Normblätter für Thermospannungen und Werkstoffe der Thermopaare (Entwurf DIN 43710), der metallenen Schutzrohre für Thermolemente (DIN 43733) und Nenndruckstufe ND 1 nach DIN 2401 (Entwurf DIN 43720), der Isolierteile für Thermolemente (DIN 43733 (Entwurf DIN 43725) und durch neue Normen-Entwürfe über Meßeinsätze für Thermolemente und Widerstand-Thermometer (Entwürfe DIN 43735 und DIN 43762). Zusätzlich findet man eine Norm über Widerstands-Thermometer und Thermolemente mit Meßeinsätzen ohne zusätzliches Schutzrohr (Entwurf DIN 43769). — Als Bauelement für Patronenheizkörper mit Ummantelung werden keramische Heizleiteträger (Entwurf DIN 44926) vorgeschlagen. — Eine einheitliche Ausführung zweipoliger Regelschalter 9/2, 15 A, 250 V Gleich- und Wechselstrom sowie 15 A, 250 V und 10 A 380 V Wechselstrom (Entwurf DIN 49280) ist für Elektrowärmegeräte vorgesehen. — Einen Einblick in die Vielzahl der in verschiedenen technischen Teilgebieten benötigten elektrischen Lampen gibt die Übersicht über die Einteilung und Bezeichnung elektrischer Lampen (Entwurf DIN 49800). — Das umfangreiche Heft schließt mit den Neufassungen der Normen für Kraftfahrzeug-Batterien nebst Einzelteilen wie Anschlußpole, Zellenstopfen, Zellendeckel (Entwürfe DIN 72311 Blatt 1... 4).

Die Elektronorm und die genannten Entwürfe (als Einzelblätter) können von der Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin W 15 und Köln, bezogen werden.

DK 061. VDI : 174

**Mensch und Arbeit im technischen Zeitalter.** — Dem „Mensch und Arbeit in unserem technischen Zeitalter“-Problem, was die in den beiden letzten Märztagen in Marburg abgehaltene Tagung des VDI gewidmet. Oft wird das Wort vom Kultpessimismus von Kreisen gebraucht, die der Technik fernstehen. Es war interessant zu hören, wie ein evangelischer (Pastor Lic. J. D o e h r i n g, Evangelische Akademie Hermannsburg) und ein katholischer Theologe (Prof. Dr. H ö f f n e r, Philosophisch-theologische Hochschule Trier) sich über die Beziehung der Kirchen zur Technik äußerten. Beider Herren Auffassung, wenn auch von verschiedenen

<sup>1</sup> Berlin-Charlottenburg 9, Lindenallee 15  
Frankfurt/Main, Am Hauptbahnhof 10

Seiten kommend, war, daß Arbeit nur Segen bringe, wenn sie von Glauben erfüllt sei. Deshalb dürfe der göttliche Sinn der Arbeit nicht verloren gehen. Arbeit sei keine Strafe, sondern solle eine dienende Funktion sein und deshalb nicht über das Leben herrschen. Anschließend sprach Prof. Dr. B. Herwig vom Institut für Psychologie an der Technischen Hochschule Braunschweig über das Verhältnis des Menschen als Einzelwesen zu seiner Arbeit. Die Notwendigkeit, die Menschenbehandlung im Betriebe zu verbessern, ist zwar schon seit längerem bekannt, wird aber meist nur theoretisch, zum mindesten aber nicht systematisch beachtet. Es war erfreulich zu hören, daß nun auch die praktische Handhabung psychologischer Erkenntnisse an den T. H. gelehrt wird. Herwig hat mit seinen Studenten interessante Ergebnisse durch systematischen Einblick in die Psyche der Arbeiter erreicht. Danach ist — wenigstens beim deutschen Arbeiter — durchaus nicht die Lohnhöhe allein das Entscheidende z. B. für ein Abwandern. Eine fast gleiche Punktzahl ergab die Sicherung der Existenz, und wenig darunter liegt die Anerkennung seiner Arbeit, verbunden mit guter Behandlung.

Daß Existenzsicherung und gute Behandlung wesentliche Punkte im Verkehr mit dem Betrieb sind, haben weitsehende Unternehmer ebenfalls erkannt, wie aus dem Vortrag von Senator e. h. Dipl.-Ing. P. Kleinewefers, VDI, Krefeld, hervorging. Nicht das Gewinnstreben allein mache einen modernen Betriebsführer aus, vielmehr habe sich der Ingenieur als verantwortlicher Leiter einer Produktionsstätte auch um die volkswirtschaftliche Existenz seiner Mitarbeiter zu kümmern. Der Betrieb sei eine der Keimzellen des Staates und damit auch ein Politikum. Je fortgeschrittener die Technik, um so mehr stehe auch der Mensch im Vordergrund. Nur so sei auch der Kollektivismus des Ostens und der Kapitalismus des Westens zu überwinden. Das sei Aufgabe und Verpflichtung für den deutschen Unternehmer, der ja in der Mitte zwischen Ost und West stehe. Vor allem sollten beide Sozialpartner unmittelbar im Betrieb und mittelbar auf überbetrieblicher Ebene zusammenarbeiten. Da die Fronten der Vertreter beider Parteien erstarrt seien, müsse der einzelne Unternehmer zunächst einmal selbständig handeln und die Arbeitsgemeinschaft verwirklichen.

Während es vor gut einem halben Jahrhundert überhaupt noch kein eigentliches Arbeitsrecht gab, sei jetzt, wie Universitätsprofessor Oberlandesgerichtsrat a. D. Dr. J. W. Fedemann, Berlin, in seinem sehr lebendigen Vortrag mitteilte, das Arbeitsrecht ein sehr wesentlicher Bestandteil des allgemeinen Rechts geworden, der aber leider wegen der Fülle der verschiedenen Gesetze und Verordnungen und der Materie überhaupt, die ja in alle Lebensgebiete eingriffe, noch nicht zu einem wirklichen Ganzen zusammengefügt werden konnte.

Der letzte Vortrag dieser Tagung von Prof. Dipl.-Ing. J. Kraemer, VDI, T. H. Karlsruhe, behandelte das Thema „Segen und Nutzung der Muße“. Sie soll nicht nur dazu dienen, dem Menschen zu seiner täglichen Arbeit neue Kraft zu geben, sondern darüber hinaus die Möglichkeit, sich mit allem Schönen und Guten, was den Menschen erstrebenswert erscheint, zu befassen, aber ja kein Zeitvertreiber sein. Der Mensch als ein Geschöpf Gottes hat bei allem seinem Tun den Drang zum Schöpferischen, ganz gleich, ob es sich um seine berufliche Arbeit als Ingenieur, Künstler oder Kaufmann handelt. Außerberuflich ist der Mensch als Dilettant und Bastler ebenfalls seinem Urtrieb zur Gestaltung unterworfen. Deshalb hat auch niemand das Recht, auf diese Tätigkeit herabzusehen. Woher soll die Zeit kommen für solche Beschäftigung? Kraemer meint, daß die Technik der Not vorausseile. Also wäre, wenn nicht Kriegslücken zu schließen seien, der Sechsstundentag wenigstens auf den wichtigsten Gebieten ein wesentliches Mittel, Überproduktionen zu verhindern und damit auch einen wesentlichen Grund zu einem neuen Kriege.

Prof. Dr.-Ing. Plank, T. H. Karlsruhe, betonte als Kurator des VDI, daß aus Vorträgen und Diskussionen doch wieder eines hervorgehe: die Geisteswissenschaften sind in ihren neuen Erkenntnissen nicht so schnell vorwärts gekommen wie die Naturwissenschaften. Es ist aber unmöglich, den letzteren eine Bremse anzulegen, bis vielleicht die Entwicklung der anderen Wissenschaften die der Technik eingeholt hat und damit der Zwiespalt im Wesen und Leben des modernen Menschen beseitigt ist. Der Techniker sei bereit, allerdings nur auf paritätischer Grundlage, mit den Geisteswissenschaftlern zur Erreichung des gemeinsamen Zieles zusammen zu arbeiten! W. Tegtmeyer

DK 620.9 : 061.5

#### 4. Arbeitstagung des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln über Ordnungsprobleme sowie Zeit- und Betriebsvergleich in der Energiewirtschaft.

Zu der Veranstaltung hatten sich etwa 300 Fachleute versammelt. Sie wurden von Dr. Burgbacher begrüßt, der dabei den Vorschlag machte, zu den Energiepreisen einen etwa 20prozentigen Zuschlag zu erheben und die dadurch einkommenden Kapitalien den Energielieferern zur Behebung der dringendsten Finanznöte zur Verfügung zu stellen.

Der Direktor des Instituts, Prof. Dr. Wessels, stellte die Grundsätze für das neue Energiewirtschaftsgesetz auf und untersuchte, wie weit etwa noch ein echter Wettbewerb im Rahmen der Energiewirtschaft möglich ist. Da jedoch dieser Wettbewerb nur bei einer Vielzahl kleiner Anbieter funktioniert, führt das Vorhandensein eines einzigen, das den Regelfall in der Energiewirtschaft bildet, zu monopolähnlichen Tatbeständen, die nur durch den Wettbewerb der Energiearten und die Möglichkeit der Errichtung von Eigenanlagen eingeschränkt werden. Eine evtl. Monopolkontrolle müßte die Preiskontrolle und die Investitionskontrolle mit einbeziehen. Es ist aber die Frage, wer Träger dieser Kontrolle sein soll. Der Staat bietet in seiner heutigen Form keine Garantie für das Gelingen. Seine Willensbildung erfolgt vielfach über Interessengruppen, deren Gruppeninteresse nicht ohne weiteres mit dem Allgemeininteresse identisch zu sein braucht. Es ist auch nicht möglich, die Energieversorgung in die allgemeine Monopolgesetzgebung mit einzubeziehen. Man muß vielmehr Sondergesetze schaffen.

ORR. a. D. Kohl, Geschäftsführer der AGW, beschäftigte sich mit dem gleichen Thema und verlangte klare Aufteilung der Zuständigkeit zwischen Bund und Ländern, wobei die Aufsicht zentral durch den Bund gehandhabt werden müsse, weil die Energiewirtschaft weiträumig ist und daher nicht an Ländergrenzen gebunden werden kann. Die Trennung der Aufsicht der Energiewirtschaft und der Preisgestaltung, die bisher bestand, hat sich nicht bewährt, sondern große Schwierigkeiten hervorgerufen.

Ein italienischer Vertreter berichtete über die Verhältnisse in seinem Land. Dort ist die Gesetzgebung bemüht, für einen gewissen Wettbewerb zu sorgen, zumal etwa 80% der Wasserkraftanlagen, die Hauptenergiequelle, durch Privatunternehmer errichtet worden sind. Im Jahre 1936 wurde die Freiheit durch eine staatliche Überwachung ersetzt. Die Elektroanlagen sind Staatskonzessionen. Die Tarife wurden gesperrt, bis heute auf das 24fache erhöht, obwohl die Großhandelspreise bereits beim 60fachen liegen.

Dr. Leppert, Vorstandsmitglied der Bayer. ELG, berichtete über Ziele und Probleme der Energieaufsicht in den USA. Dort umfaßt die Energiewirtschaft außer Gas, Elektrizität und Wasser auch Telephon, Telegraph, Transport, Straßenbahnen usw. Eine Sondergesetzgebung besteht nicht, es gibt nur Vorschriften. Ihnen sind in erster Linie die privaten Werke unterworfen, die in den USA wesentlich größere Bedeutung haben als bei uns. Bei Werken der öffentlichen Hand hält man die demokratische Selbstkontrolle der Verwaltung für ausreichend. Man gibt das Vorliegen einer Monopolstellung keineswegs zu, hat aber freiwillig Regulative geschaffen, um die Abnehmer vor einer Ausnutzung der Monopolstellung zu schützen. Sämtliche Preise, auch die für die Großabnehmer, werden veröffentlicht und alle Abnehmer zu diesen Preisen versorgt; Ziel: sichere und billige Versorgung. Die Aufsicht erfolgt durch Kommissionen, deren Mitglieder durch den Gouverneur der einzelnen Staaten berufen werden. Die Landgebiete werden vielfach genossenschaftlich versorgt. Die Ermittlung des gerechten Preises erfolgt durch einen Betriebsvergleich, aufgebaut auf der Gewinn- und Verlustrechnung; Voraussetzung: einheitlicher Kontenplan mit einheitlich vorgeschriebenen Sätzen für Zinsen, Gewinne usw. Man geht von den Anschaffungskosten aus, die Berücksichtigung der Wiederbeschaffungskosten wird abgelehnt. Die Aufsichtsinstitutionen arbeiten gerichtsähnlich, meist äußerst langsam. Man würde eine Sondergesetzgebung im deutschen Sinne sehr begrüßen.

Dr. Kaestlin, Elektrowirtschaft Zürich, sprach von der Überwindung der in der Energiewirtschaft bestehenden Schwierigkeiten durch eine größere Publizität. Es ist dringend notwendig, daß die Abnehmer mit dem technischen und wirtschaftlichen Geschehen weit enger als bisher vertraut gemacht werden, um bei ihnen das Verständnis für die Bedürfnisse der Unternehmen zu wecken. Sämtliche

Maßnahmen der Betriebe müssen unter dem Gesichtspunkt der Wirkung auf die Abnehmer beurteilt werden.

Obering. Buschbaum, VEW, untersuchte die Bedeutung des Zeit- und Betriebsvergleichs als Mittel zur Hebung der Wirtschaftlichkeit in der Elektrizitätswirtschaft. Es fehlt z. Zt. bei uns noch an den notwendigen Voraussetzungen, da nur wirklich Vergleichbares miteinander verglichen werden kann.

Dr. Wolf, Wirtschaftsberatung AG., bezog den Zeit- und Betriebsvergleich auf den energiewirtschaftlichen Querverbund, worunter eine Verbindung von Gas-, Elektrizitäts-, Wasserwerken und Verkehrsbetrieben verstanden werden soll. Ein Betriebsvergleich läuft also auf eine Art Konzernvergleich heraus. Es fehlen dafür z. Zt. aber noch alle wesentlichen Voraussetzungen. Auch sind die Vorteile des Querverbundes noch nicht eindeutig geklärt, wenn auch eine Zusammenfassung der Zählerablesung, Geldeinzug usw. Ersparnisse ergeben kann. Bei unterschiedlicher Ertragslage führt jedoch der Querverbund zu einer Subventionierung der weniger ertragreichen Betriebe zu Lasten der ertragreicheren, meistens also der Elektrizitätsversorgung, d. h. letztlich zu Lasten der Abnehmer oder des Steuerfiskus.

P. Niemann

DK 621.396 (061.4) (73)

Neues auf der Funktechnik-Ausstellung in New York.

Vom 19. bis 22. März 1951 fand in New York anlässlich der Tagung des „Institute of Radio Engineers“ eine funkttechnische Ausstellung statt, die von etwa 300 Ausstellern besichtigt war. Infolge der Gliederung der amerikanischen Industrie in zahlreiche Einzelunternehmen war das Gebotene so mannigfaltig, daß der Bericht auf einige auffallende Dinge beschränkt sein soll.

Fernsehen: Das noch nicht offiziell eingeführte Farb-Fernsehen nach dem Columbia-Verfahren (C. B. S.) wurde vorgeführt, doch dürfte noch einige Entwicklungsarbeit zu leisten sein, um mit dem Schwarzweiß-Bild in Wettbewerb treten zu können. Hier ist der Fortschritt bei den Bildröhren zu finden, bei denen es gelungen ist, durch Weitwinkel-Ablenkungsjoche von 90° auf kürzere Baulängen zu kommen mit Schirmgrößen von etwa 450×600 mm. Reflexionen durch Fenster, Lampen u. dgl. werden auf den Bildschirmen durch Überzug, Mattierung sowie durch zylindrische statt kugelige Formgebung verhindert. Die industrielle Anwendung der Vidicon-Kamera-Röhre<sup>1</sup> wurde demonstriert.

Elektroakustik: Plattenspieler, meist mit Wechseleinrichtungen versehen und dem amerikanischen Markt entsprechender Drehzahlregelung (33 1/3, 45, 78 U/min), wurden gezeigt. Die beste Schallplatte wird jedoch von den Magnettonapparaten bei weitem übertroffen. Die Magnetdrahtverfahren sind von den Bandverfahren verdrängt wor-

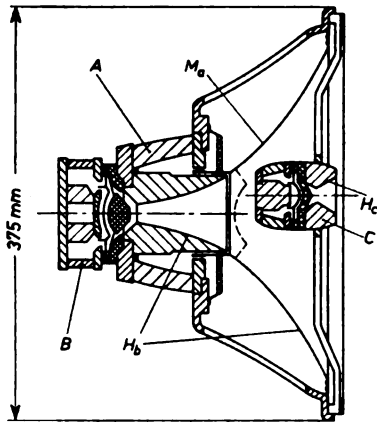


Bild 1. Kombinationslautsprecher (Jensen).  
 A Tiefton-System  $M_a$  Baßmembran  
 B Mittelton-System  $H_b$  Mitteltontrichter  
 C Hochton-System  $H_c$  Hochtontrichter

<sup>1</sup> Bericht s. ETZ 72 (1951) S. 59.

den. Hier darf die Pionierarbeit der AEG nicht unerwähnt bleiben, die insbesondere bei „Rangertone“ als Entwicklungsgrundlage gedient hat. Mit 37,5 cm/s Bandgeschwindigkeit wird eine flache Frequenzkurve zwischen 50 und 15000 Hz innerhalb  $\pm 2$  db erreicht. Da die zugehörigen Verstärker einen noch weiteren Frequenzbereich haben und bis 50 W die harmonische Verzerrung unter 1% halten, kann man die Wiedergabe vom Original nicht mehr unterscheiden, insbesondere wenn ein Jensen-Kombinationslautsprecher (Bild 11) zur Wiedergabe verwendet wird<sup>2</sup>, der 3 Lautsprechersysteme in einem Chassis vereinigt hat.

Meßgeräte: Neben den üblichen Röhrenvoltmetern und Meßbrücken wurde von der „Electronic Tube Corporation“ ein Vierstrahloszillograph vorgeführt. Je zwei Kathodenstrahlen werden mit derselben Zeitablenkung verbunden. Das Eingangssignal wird entweder kapazitiv oder galvanisch dem Verstärker zugeführt, wie auch bei anderen Ein- und Mehrstrahloszillographen (Allen B. Dumont), d. h. es sind Gleichstromverstärker vorgesehen. Als höchste Empfindlichkeit wird dafür 6 mV/mm Ablenkung angegeben.

Zur Auswertung werden bei stetigen Schirmbildern Einzelaufnahmen auf 35 mm Film gemacht, oder nach dem „Polaroid-Land“-Verfahren auf Spezialpapier, das das Resultat in 1 min liefert. Bei kontinuierlichen Vorgängen wird die Zeitablenkung des Oszillographen ausgeschaltet und durch die stetige Bewegung des Filmes ersetzt (Fairchild-Kamera).

Ein magnetischer Flußmesser auf kernphysikalischem Prinzip macht es möglich, Felder von 0,5...24 kG mit einer Genauigkeit von 0,005% zu messen. Eine  $H_2O$ -Probe wird in den Luftspalt des zu messenden Feldes gebracht. Das Proton präzisiert dann im magnetischen Feld mit der Frequenz  $\omega = \gamma H$ .

Darin ist  $H$  die magnetische Feldstärke im Luftspalt und  $\gamma$  das experimentell bestimmte kreiselmagnetische Verhältnis. Die präzessierenden Kerne werden durch ein aufgedrücktes Hochfrequenzfeld von einigen MHz zur Resonanz gebracht. Die von den Protonen in einer Spule induzierte Spannung wird zur Bestimmung des Resonanzzustandes benutzt. Aus der einstellbaren Frequenz des Hochfrequenzsenders wird das der Resonanz entsprechende magnetische Feld berechnet. Diese Entwicklung ist vom National Bureau of Standards gesteuert. Bild 12 enthält eine schematische Darstellung der Anordnung. Das Gerät ist kommerziell erhältlich.

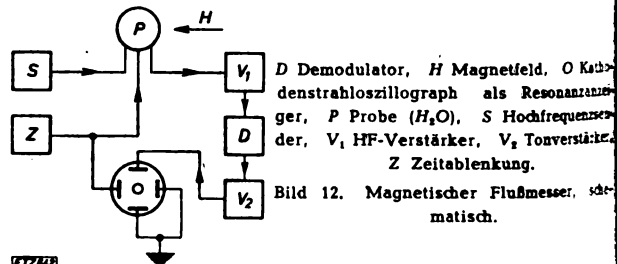


Bild 12. Magnetischer Flußmesser, schematisch.

Werkstoffe: Auf dem magnetischen Gebiet ist zu bemerken, daß noch immer Alnico V mit  $H_c = 600$  Oe und  $(B \cdot H)_{max} = 4,5 \cdot 10^6$  als Dauermagnet führend ist; doch bietet „Arnold Engineering“ auch Cunico und Cunife an und kann Alnico Legierungen sintern. Das Interesse bei weichen Magnetlegierungen liegt besonders in dünnen Bändern bis herunter zu etwa 25  $\mu$  wie es für Magnetverstärker und ähnliche Zwecke verwendet wird: 4-79 Mo-Permalloy, Supermalloy (nach Western Electric Lizenzen) und 50-50 Ni-Fe (Permanorm 5000 Z). Dieses wird mit Vorzug für Rechengerate als Speicher (magnetisches Gedächtnis) verwendet. Die Wirkung beruht auf der rechteckigen Hystereseschleife<sup>3</sup>.

Das Aufdrucken von Leitungen auf Platten oder Folien und das Einbrennen in Keramik hat überall da Eingang gefunden, wo es notwendig ist, Zusammenbaulöhne aus Wettbewerbsgründen klein zu halten, da in den USA das Ablöten eines Drahtes genau so teuer ist wie ein Widerstand

Bodo Wolfram

<sup>2</sup> Audio Engineering 34 (1950) Okt., S. 22.

<sup>3</sup> s. a. Magnetische Kippkreise. ETZ 72 (1951) S. 213.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,

Telefon: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Außerkräftsetzung von VDE 0204 U<sup>1</sup>

In der ETZ 72 (1951) S. 159 hatte die VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“ die Außerkräftsetzung von VDE 0204 U „Übergangsvorschriften für Zink für Elektrotechnik“ angekündigt. Da Einsprüche hiergegen nicht eingegangen sind, hat der Vorstand des VDE diese Vorschriften vom 1. 7. 51 ab für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

##### VDE-Kommission für Errichtungsvorschriften I unter 1000 V

Die Kommission beabsichtigt, folgende Änderungen des § 19 von VDE 0100 U/2. 51 „Übergangsvorschriften und Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V“ baldigst in Kraft setzen zu lassen. Einsprüche gegen diese Änderungen können bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, bis zum 31. Juli 1951 eingereicht werden.

Im Absatz 1. II soll „auf, im und unter Putz“ statt „über oder unter Putz“ gesetzt werden, um die Übereinstimmung mit VDE 0250/1.51 herzustellen.

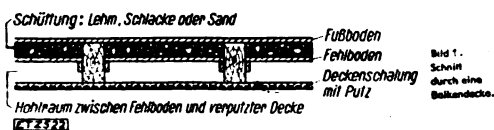
Der Absatz II a soll folgende neue Fassung erhalten:

„Leitungen für feste Verlegung nur unter und im Putz:

Stegleitungen nach VDE 0250 sind für feste Verlegung unter und im Putz in trockenen Räumen zugelassen. Sie müssen (abgesehen von den nachstehenden Ausnahmen) auf ihrem ganzen Verlauf von Putz bedeckt sein.

Ohne Putzabdeckung dürfen sie lediglich verlegt werden:

1. In Hohlräumen von Decken und Wänden, die aus Beton, Stein oder ähnlichen mindestens feuerhemmenden Baustoffen bestehen.
2. In Holzbalkendecken von Massivbauten, wenn die Leitung unterhalb des mit Lehm, Schlacke, Sand oder ähnlichen nicht brennbaren Stoffen bedeckten Fehlbodens (siehe Bild 1) im Hohlraum zwischen dem Fehlboden und der verputzten Deckenschalung geführt wird.



Nicht zulässig ist die Verlegung von Stegleitungen in Holzhäusern und in landwirtschaftlich benutzten Gebäuden.

Das Zubehör für Stegleitungen (z. B. Dosen für Abzweigungen, Schalter, Steckvorrichtungen, Lampenauslässe) muß aus Isolierstoff bestehen.

Zur Befestigung der Stegleitungen dürfen nur solche Mittel und Verfahren angewendet werden, die eine Formänderung oder Beschädigung der Isolierhülle ausschließen. Als zulässige Befestigungsmittel gelten beispielsweise Gipspflaster oder der Leitungsform angepaßte Schellen aus Isolierstoff oder Metall. Die Befestigung durch Nageln ist unzulässig.

Der **Kommissionsvorsitzende** **Stormanns** **VDE-Vorschriftenstelle** **Jacottet**

#### Namensänderung

In der Mitgliederversammlung 1950 der ETG Frankfurt a. M. wurde beschlossen, an Stelle des Namens „Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt a. M.“ den Namen „VDE Bezirksverein Frankfurt a. M.“ anzunehmen. Die Namensänderung wurde am 30. 3. 51 amtsgerichtlich eingetragen.

#### Internationale Zusammenarbeit

Auf Anregung des Deutschen Ausschusses für CEE-Fragen, der dem VDE angeschlossen ist, hatten die Vorsitzenden des Zentralverbandes der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI), der Vereinigung Deutscher Elek-

trizitätswerke (VDEW) und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) die Leiter ausländischer Prüfstellen zum Besuch der Hannoverschen Messe eingeladen. Dieser Aufforderung folgten die Länder:

Dänemark	Norwegen
Finnland	Schweden
Frankreich	Schweiz
Italien	Spanien.

Insgesamt 12 entsandte Vertreter vorgenannter Länder wurden vom 3. bis 6. Mai d. Js. von den einladenden Verbänden betreut.

Die Einladung verfolgte den Zweck, die Leiter der ausländischen Prüfstellen von der Leistungsfähigkeit der Deutschen Elektroindustrie anlässlich der Hannoverschen Messe zu überzeugen, zum anderen aber auch bei dieser Gelegenheit persönliche Verbindungen wieder aufzunehmen, die in den Kriegs- und Nachkriegsjahren abgerissen waren.

Die gemeinsamen Rundgänge durch die eindrucksvolle Schau der Deutschen Elektroindustrie, aber auch die vielen Fachgespräche über organisatorische und technische Fragen führten zu einem fruchtbaren Gedankenaustausch. Abends trafen sich die Teilnehmer in der wohlthuenden Ruhe von Bad Pyrmont zu zwanglosen Unterhaltungen, die am 4. 5. 1951 durch einen „Geselligen Abend“ verschönt wurden. Ein gemeinsamer Ausflug in das benachbarte Weserbergland bildete am Nachmittag des 5. 5. 51 den Abschluß des wohlgelegenen Treffens.

Die ausländischen Experten waren nicht nur von den Leistungen der Deutschen Elektroindustrie, sondern auch von dem freundschaftlichen Geist beeindruckt, der sie empfing. Allerseits wurde die von deutscher Seite ergriffene Initiative dankbar begrüßt. Für den VDE kann die Zusammenkunft als Auftakt für eine erneute und offizielle Mitarbeit in internationalen Gremien, wie „IEC“ (International Electrotechnical Commission) und „CEE“ (Commission Internationale de Réglementation en vue de l'Approbation de l'Équipement Electrique) betrachtet werden.

## SITZUNGSKALENDER

**Erlangen:** ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30

29. 6. 51, 19.30, Gr. Hörsaal d. Physikal. Instituts Erlangen: „Neuere Abstimm-Anzeigeröhren für Rundfunkempfänger“, Dr. Fr. Ma l s c h, Eßlingen.

**Nürnberg:** ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30

19. 6. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Physikalische Probleme an Niederspannungs-Schaltgeräten“, Obering. O. M ü l l e r, Amberg (Opt.).

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4  
25. bis 29. 6. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Kursus: „Psychologie und Technik des Unfallschutzes“, Dipl.-Ing. Fr. M ü l l e r.

2. 7. bis 6. 7. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Kursus: „Technik und Medizin“, Prof. Dr. A. E s a u.

16. 7. bis 20. 7. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Kursus: „Straßenbahn- und O-Busmotoren“, Prof. Dr.-Ing. E. K ü b l e r.

## PERSONLICHES

**E. Grünwald.** — Obering. E. Grünwald vollendete am 8. 5. 51 sein 70. Lebensjahr. Wie bereits anlässlich seines 60. Geburtstages in der ETZ berichtet<sup>1</sup>, hat er sich auf dem Gebiete des Installationsmaterials, insbesondere der Einführung von Prüfmethode für Werkstoffe, sowie auch auf dem Gebiete der Schmelzsicherungen, große Verdienste erworben. Als langjähriges Mitglied der VDE-Kommission „Installationsmaterial“ nimmt E. Grünwald heute noch in geistiger und körperlicher Frische an den Arbeiten des VDE-Vorschriftenwerkes teil und leitet außerdem den VDE-Arbeitsausschuß „Sicherungen“ und ebenso die Arbeitsgruppe „Sicherungen“ des Fachnormenausschusses Elektrotechnik. Der Jubilar ist z. Zt. technischer Leiter einer elektrotechnischen Spezialfabrik.

**Hugo Krieger.** — Am 25. April wurde Hugo Krieger, langjähriges Mitglied des VDE, 85 Jahre alt. Der Jubilar hat vor allem der elektrischen Lichttechnik gedient und ihr u. a.

<sup>1</sup> Diese Übergangs (U)-Vorschriften wurden früher als Behelfs (B)-Vorschriften und davor als Kriegs (K)-Vorschriften bezeichnet. Für die B- und K-Vorschriften gilt daher dasselbe wie für die U-Vorschriften.

<sup>2</sup> siehe DIN 4102 „Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme“.

<sup>1</sup> ETZ 60 (1941) S. 455.

in Rußland zum weiteren Vordringen verholfen. Er arbeitete an der Neuauflage einiger Bücher mit und war bis zum 2. Weltkrieg Inhaber der Batteriefabrik Hugo Krieger & Faudt, Berlin. R

**Hochschulnachrichten.** — Die Fakultät für Maschinenwesen der Techn. Hochschule Karlsruhe hat mit Zustimmung der Unterrichtsverwaltung Herrn Dr.-Ing. Peter Brauer die Lehrbefugnis (*venia legendi*) für das Fach „Lichttechnik — Strahlungserzeugung und -umwandlung“ verliehen. of

**Fachschule Landshut.** — Die Fachschule für Maschinenbau, Landshut in Bayern, beabsichtigt, ihr 50jähriges Bestehen am 14. und 15. Juli 1951 zu feiern. Alle ehemaligen Landshuter Maschinenbau-Fachschüler werden gebeten, ihre Anschrift der Schule mitzuteilen. of

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.316.7 (023.3)

**Regeltechnik.** Von Kurt Seidel. Mit 69 S., 37 B., 8 Taf., Format 16×25 cm. Verlag Franz Deuticke, Wien 1950. Preis DM 6,—.

Nach einleitenden Betrachtungen über die Bedeutung der Regeltechnik werden die erforderlichen Begriffe erläutert.

Folgende Beispiele von elektrischen Spannungsreglern werden beschrieben: Tirillregler, indirekter Trägeregler mit Kontaktsystem und Motor, Eilregler mit Kontakten, Motor und Rückführung, Oldruck- oder Thomaregler, Kohledruckregler, Wälzregler, Amplidyneregelung, ferner Röhrenregler zur Drehzahlregelung. Zur Untersuchung der Stabilitätsverhältnisse wird auf die Methode der kleinen Schwingungen, die Methode des Frequenzganges und das Verfahren nach K ü p f m ü l l e r eingegangen.

Bei der Besprechung der Bausteine ist eine Übersichtstabelle für die wichtigsten Eigenschaften der Verstärker und Kraftschaltglieder beigelegt. Für starre und elastische Rückführungen werden eine Reihe von mechanischen und elektrischen Anordnungen beschrieben und auf sonstige bei der Regelung von elektrischen Maschinen wichtige Größen eingegangen.

Der letzte Abschnitt zeigt in interessanter Weise, wie auf den verschiedensten Gebieten der Technik die gleichen Gesetze und damit die gleichen Zusammenhänge gelten. Ein Vergleich zwischen galvanischem Strom und Wärmestrom und in mehreren Tabellen niedergelegten vergleichbaren Größen folgt. Unter Benutzung dieser Erkenntnisse wird für einen fremderregten Nebenschlußmotor eine gleichwertige Kapazität errechnet. Zum Schluß folgen Ausführungen über die zweckmäßige Wahl eines geeigneten Maßsystems.

H. R. Eggers

DK 534 : 621.3 (023.4)

**Grundzüge der Elektroakustik.** Von Dr. phil. F. A. Fischer. Mit 162 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15×21 cm. Fachverlag Schiele & Schön, Berlin. Preis Glw. 14,— DM.

Die Vorgänge bei der Umwandlung elektrischer Schwingungsenergie in Schallenergie oder umgekehrt umfassen drei grundsätzliche Problemgruppen: die Kraftwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf Materie, die Kopplung elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde und die Kopplung zwischen mechanischen Schwingungsgebilden und dem Schallfeld. Seit den ersten grundlegenden Arbeiten von Lord R a y l e i g h sind über jede dieser Aufgabenstellungen viele Einzelveröffentlichungen erschienen. Teilgebiete sind z. B. von H. Hecht und H. Stenzel auch schon zusammenfassend behandelt worden. Es fehlte aber bislang in der deutschen Fachliteratur eine systematische Zusammenstellung aller drei Problemgruppen; in den „Grundzügen der Elektroakustik“ von F. A. Fischer ist diese Lücke nunmehr von sehr berufener Seite geschlossen worden. In zwölf Kapiteln faßt Fischer alle theoretischen Grundlagen der Umwandlung elektrischer Schwingungsenergie in Schallenergie und umgekehrt nicht nur sehr vollständig zusammen, sondern stellt die Ergebnisse der einzelnen Theorien systematisch einander gegenüber, so daß Ähnlichkeiten und Unterschiede im Verhalten verschiedener Systeme und die Frage der Eignung bestimmter Anordnungen für bestimmte Auf-

gabenstellungen schnell überblickt werden können. Ausgehend von der Behandlung rein mechanischer und rein elektrischer Schwingungssysteme führt das Buch über die Frage der Kraftwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf Materie zu den verschiedenen Wandlerprinzipien für die aus ihren Differentialgleichungen elektrische Ersatzbilder für ihr Verhalten als Sender und Empfänger abgeleitet werden. Nach Ableitung der wichtigsten Beziehungen der Vorgänge im Schallfeld werden der Wirkungsgrad und die Empfindlichkeit der verschiedenen Wandlerprinzipien zusammengestellt und insbesondere auch ihre Eignung für die Übertragung breiter Frequenzbänder untersucht. Im letzten Kapitel werden schließlich noch kurz das Kontaktmikrophon als Relaisempfänger und das Thermophon gestreift.

Der Verfasser beschränkt sich bewußt auf die Darstellung der theoretischen Grundlagen der Elektroakustik. Durch den Verzicht auf ein Eingehen auf technische Einzelheiten der Ausführungsform gewinnt er dafür die Möglichkeit, das gesamte Gebiet der Umwandlung elektrischer Schwingungsenergie in Schallenergie in großer Vollständigkeit auf handlichem Raum zusammenzustellen. So werden die „Grundzüge der Elektroakustik“ für jeden, der sich mit den theoretischen Grundlagen dieses Gebietes befassen will, ein willkommenes Hilfsmittel sowohl zum Studium des gesamten Fragenkomplexes als auch zur Gewinnung eines schnellen Überblickes über Einzelprobleme werden.

Für eine spätere Auflage sei die Bitte ausgesprochen, die Abbildungen etwas deutlicher wiederzugeben. In dem dem Referenten vorliegenden Exemplar war die drucktechnische Wiedergabe mehrerer Abbildungen leider so mangelhaft, daß einzelne Schaltzeichen oder Buchstaben nicht zu erkennen waren. V. A s c h o f f

DK 620.92 : 621.311.22 (023.3)

**Wärmewirtschaft.** Feuerungen und Kessel. Von E. Schrieder. Kesselspeisewasser. Von F. Lückel (i. d. Rh. Westermanns Fachbücher der Ingenieurkunde). Mit 264 S., 29 B., Format 16×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 18,— DM. Glw. 25,— DM.

Die Verfasser vertreten den Standpunkt, daß angesichts der großen Bedeutung der Wärmewirtschaft jeder Ingenieur wenigstens so viel über wärmewirtschaftliche Fragen wissen muß, um zu ihnen Stellung nehmen zu können. Während andere Bücher zunächst die vielverzweigten Aufgaben der Wärmewirtschaft und das Grundsätzliche wärmewirtschaftlicher Kostenrechnungen ihren Ausführungen voranstellen, bringen die Verfasser schon auf der ersten Seite einige Betriebszahlen aus der Praxis über den Kohlenverbrauch für 1 erzeugte kWh; dabei müßte aber gesagt sein, um welche Kohlenart oder um welchen Heizwert es sich handelt. Jedenfalls ist der zuletzt angegebene Verbrauch von nur 0,3 kg Kohle/kWh heute noch kaum erreichbar. Als Basis der Wärmewirtschaft werden dann die verschiedenen Brennstoffe und die für sie jeweils in Frage kommenden Feuerungen an Hand guter Bilder erörtert, woran sich theoretische Betrachtungen über Verbrennungsvorgänge mit Berechnungsbeispielen anschließen. In dem Abschnitt „Wärmeverbrauch und Energiekosten“ werden auf Grund der  $p, v, T, s$ - und  $i, s$ -Diagramme theoretisch erreichbare Wirkungsgrade usw. behandelt und ihnen an Hand von Beispielen, Wärmeflußbildern und Zahlentafeln praktisch erzielbare Maschinen- und Kesselwirkungsgrade gegenübergestellt. Die Aufgliederung der Energiekosten wird durch Berechnungen gezeigt; in einigen Fällen wird noch mit RM-Preisen, in anderen dagegen mit DM-Werten gerechnet; jedenfalls ist die auf S. 86 enthaltene Angabe, wonach ein 60 ata-Dampfkraftwerk von 15000 kW nur 300 DM/inst.kW kosten sollte, heute ebenso unzutreffend, wie der genannte Kohlenpreis von 21 DM/t Fettnuß IV einschl. Anfuhr. Der auf S. 87 erwähnte „Wärmeverbrauch bei Vollast  $q = 2400 \text{ kcal/kWh}$ “ müßte für Anfänger klarer interpretiert sein. In dem abschließenden Kapitel über die Berechnung von Heizflächen werden die bekannten Beziehungen des Wärmeüberganges der Wärmeleitung, der Strahlung usw. an Hand zahlreicher Beispiele erläutert; auch den Strömungs- und Wärmeverlusten von Rohrleitungen ist die nötige Beachtung geschenkt, während der nur 4 Seiten umfassende Abschnitt über Heizung und Lüftung ergänzungsbedürftig erscheint. Die Entwicklung des Dampfkesselbaues einschl. Überhitzer, Vorwärmer usw. ist durch zahlreiche Abbildungen erläutert; letztere sind keine Maßstäbe oder Maßzahlen beigegeben.



daß gerade der Anfänger sich keine richtige Vorstellung von den Größenverhältnissen machen kann. Der Abdampfverwertung einschl. Wärmespeicherung ist ein breiterer Raum gewidmet, wobei auch Schnittbilder von Gegendruck- und Entnahmeturbinen gebracht werden, leider ebenfalls ohne Maßangaben. Zum Schluß werden die in der Wirtschaft gebräuchlichen Meß- und Regelgeräte erklärt, während ein Anhang sich mit den Fragen der Speisewasser-Aufbereitung beschäftigt. Das Werk versucht so, auf knappem Raum in anerkennenswerter Weise soviel Wissenswertes wie nur möglich zu vermitteln; daß dabei manche heute immer mehr an Bedeutung gewinnende Aufgaben wie z. B. die Heizkraftwerke, zu kurz kommen, ist nicht zu vermeiden. Der Wert des Buches liegt vor allem in den zahlreichen und meist recht guten Zahlenbeispielen, die insbesondere dem Anfänger von großem Nutzen sein können. Die Ausstattung des Werkes mit seinen zahlreichen Diagrammen, Abbildungen und Tabellen ist gut. Bei einer Neuauflage müßte das Schrifttumverzeichnis auf den heutigen Stand gebracht werden, denn es enthält z. B. „Hütte, Berlin 1923—25“ statt ihre letzte Auflage, ferner „Dubbel, Berlin 1935“ statt dessen 10. Auflage 1949, „Schüle, Thermodynamik, Berlin 1923“ statt z. B. „Schmidt, Thermodynamik, Berlin 1950“ und „Münzinger, Berechnung und Verhalten von Wasserrohrkesseln, Berlin 1929“ statt „Münzinger, Dampfkraft, Berlin 1949“ usw.

H. Voigt

DK 658.5.002.3/.4 (023.1)

**Die Materialwirtschaft.** Ihre Anwendung und Auswirkung in der Maschinen und Geräte bauenden Industrie. Von M. H. Bauer. Mit 203 u. VIII S., 60 B., Format 15×22 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949. Preis DM 16.50.

Die vorliegende Schrift macht sich zur Aufgabe, alle mit der Materialwirtschaft zusammenhängenden Fragen aufzuzeigen. Nach einer gründlichen Einführung in die Materie wird das Schwergewicht der Ausführungen immer wieder auf die vielfältigen Möglichkeiten der Materialeinsparung gelegt. Bei einem Anteil der Materialkosten von 35...70% der Herstellungskosten eines Produktes darf keine Möglichkeit der Einsparung an Material übersehen werden. Besonders wird darauf verwiesen, daß eine relativ geringe Arbeiterstundenzahl nicht allein als Maßstab für die Wirtschaftlichkeit der Fertigung angesehen werden darf. Nur eine gewissenhafte Sparsamkeit in der Materialwirtschaft kann die Rohstoffarmut unserer Zeit überwinden helfen und das Sozialprodukt steigern. In ihrer verständlichen und sachlichen Form ist diese Neuerscheinung als ein beachtlicher Beitrag in diesem Sinne zu werten. Dabei ist das Buch nicht nur für den Techniker von Interesse, sondern gerade der technisch interessierte Kaufmann sollte es studieren.

K. Röble

DK 621.311.1 (084.3)

**Karte der Hochspannungsleitungen** in den vier Besatzungszonen Deutschlands. Hrsg. Arbeitsgemeinschaft der Landesverbände der Elektrizitätswerke (AdEW). 4 Blatt, je 70×90 cm. Maßstab 1:500 000. Vertrieb Richard Schwarz KG., Landkartenverlag, Frankfurt a. M. 1950. Preis zusammen mit Leitungs- und Kraftwerksverzeichnis DM 48,—.

**Karte der Elektrizitätsversorgung** in den vier Besatzungszonen Deutschlands. Hrsg. Arbeitsgemeinschaft der Landesverbände der Elektrizitätswerke (AdEW). 4 Blatt, je 70×90 cm. Maßstab 1:500 000. Vertrieb Richard Schwarz KG., Landkartenverlag, Frankfurt a. M. 1950. Preis zusammen 46,— DM.

Sowohl die Leiter der Elektrizitätswerke als auch die Elektroindustrie werden es begrüßen, daß die vor dem Kriege so beliebte Karte der Hochspannungsleitungen neu aufgelegt worden ist. Die Karte besteht aus 4 Teilblättern und umfaßt das Gebiet der West- und Ostzonen mit den eingezeichneten Grenzen der Besatzungszonen, ohne die unter polnischer und russischer Verwaltung stehenden Gebiete. Dagegen sind die mit den deutschen Netzen zusammenarbeitenden Anlagen der westlichen und südlichen Nachbarn eingetragen.

Das große Format vermittelt eine gute Übersichtlichkeit, selbst in den stark vermaschten Bezirken, wie z. B. im Ruhrgebiet. Die zugehörigen Kraftwerke sind nach Energie-

quellen unterschieden. Dadurch, daß alle nicht unbedingt nötigen Angaben fortgelassen, Flüsse und Grenzen zart getönt eingezeichnet sind, treten die schwarz gezogenen Hochspannungsleitungen kräftig hervor und man erhält eine Klarheit, die kaum zu übertreffen ist.

Im gleichen Verlage ist auch eine Karte der Elektrizitätsversorgung in den 4 Besatzungszonen erschienen. Auch hier ist das Streben nach Übersichtlichkeit vorherrschend gewesen. Obgleich fast alle Orte über 2000 Einwohnern verzeichnet sind, stört die Vielzahl der Eintragungen nicht, weil Orte, Flüsse, Bahnstrecken usw. in zartem Grau erscheinen, während die Namen der Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen mit ihrem schwarzen, kräftigen Druck hervortreten. Unterstützt wird der Gesamteindruck noch dadurch, daß die Versorgungsgebiete und die Grenzen farbig angelegt sind.

Ergänzt werden die Karten durch das Verzeichnis der Hochspannungsleitungen und Kraftwerke im Bundesgebiet. In dem auf gutem Papier gedruckten Heft sind auf 40 Seiten verzeichnet alle Hochspannungsleitungen von 30 kV und darüber mit Anfangs- und Endpunkt, Spannung, Streckenlänge, Leitungsmaterial, Querschnitt und Eigentümer, sowie alle Kraftwerke von 1 MW und darüber mit ihren Namen, Leistungen und Eigentümern. Das Auffinden der Werke auf den Karten wird durch Angabe der Planquadrate erleichtert.

H. Hansen

DK 621.7 (085)

**Handbuch der Maschinenindustrie.** 4. Aufl. Hrsg. Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten e. V. (VDMA). Mit 670 und 88 S., Format 19×27 cm. Hoppenstedt Wirtschaftsverlag GmbH., Essen 1950. Preis Glw. 38,— DM.

Der Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten e. V. gibt dies Buch als Verzeichnis seiner Mitglieder heraus. Es unterteilt sich in ein alphabetisches Verzeichnis der Maschinenbauunternehmen, in eine nach Orten geordnete Aufstellung und in eine solche, die nach Fachgebieten eingeteilt ist. Die regionale Zusammenstellung enthält für jede Firma außer Anschrift, Telefon- und Kontonummern auch Angaben über die Leiter, die Größe der Firma (räumlich und personell) und über Geschichte und Fabrikationsprogramm des Betriebes. Dies Nachschlagewerk umfaßt über 3500 Maschinenfabriken aus der Bundesrepublik und West-Berlin.

Daneben findet man eine Abhandlung über den Werdegang des VDMA, eine Aufstellung über die Besetzung der Technischen Hochschulen mit Dozenten, Assistenten und Instituten in den Maschinenbau-Fakultäten, schließlich auch eine Zusammenstellung der Ingenieurschulen. — Diese verdienstvolle Sammlung wird im Wirtschaftsleben manchen Nutzen bringen.

B. Vollrath

DK 34 : 62 (05)

**Technik und Recht.** Zeitschrift für das Recht der Wirtschaft, des Verkehrs und der Technik<sup>1</sup>. Hrsg. Prof. Dr. Fr. List, Prof. Dr. Fr. Giese und Prof. Dr. Th. Maunz. Bd. I mit 216 S., Format DIN A 5. L. C. Wittich Verlag, Darmstadt 1950. Preis je Band Glw. 9,— DM.

Inhalt von Bd. I:

Fr. List, Verkehrswesen und Elektrizitätswirtschaft vom Blickpunkt eines Rechtes der Technik (28 S.); G. Straschnov, Rundfunkübertragung von Schallplatten (14 S.); J. Aubert, Neues Fernmelderecht (15 S.); Fr. Giese, Die Beschränkbarkeit des Lastkraftverkehrs auf Bundesstraßen (12 S.); H. Balsler, Der öffentliche Dienst privater Betriebe (74 S.); F. Busch, Die obersten Instanzen der staatlichen Wirtschaftsverwaltung (7 S.); H. Dietrich, Besitz und Betrieb (10 S.).

Aus der Wirtschaft der Technik. Aus Universitäten und Hochschulen. Gesetzgebung. Rechtsprechung. Besprechungen und literarische Anzeigen.

Diese Zeitschrift macht es sich zur Aufgabe, ein besonderes „Recht der Technik“ als ein „soziales Gemeinrecht“ herauszuarbeiten. So weit bis jetzt zu übersehen ist, beschäftigen sich die Verfasser ausschließlich mit dem Recht des modernen Verkehrs in seinen verschiedenen Erscheinungsformen wie Eisenbahn, Schifffahrt, Straßenverkehr, Schienenbahnen, Post (Brief, Paket, Telephon, Telegraph, Fernmeldeverkehr). Selbstverständlich gehört hierher auch der Luftverkehr, wenn er auch von Deutschen bislang noch nicht wieder aktiv betrieben werden darf. Zu den Erscheinungsformen des modernen Verkehrs zählt aber weitgehend auch die Energiewirtschaft!

Aus dieser Übersicht ergibt sich, daß der Stoff nicht eigentlich ein besonderes Recht der Technik im allgemeinen sein kann, mit dem sich die Zeitschrift befaßt, sondern es ist

<sup>1</sup> siehe auch ETZ 72 (1951) H. 11, S. 341.

ein Ausschnitt aus den technischen Betrieben und Unternehmen, die sich in allen Sparten des weitverzweigten modernen Verkehrswesens betätigen. Es handelt sich also um Betriebe, die alle nicht im üblichen normalen Geschäftsverkehr zu dem einzelnen Menschen stehen, sondern sich dank ihrer besonderen Aufgaben gegenüber der Allgemeinheit — ihrer öffentlichen Aufgaben! — stets an eine mehr oder weniger größere Allgemeinheit wenden, mit der sie allerdings in den verschiedensten technischen, Rechts- und Wirtschaftsformen in Verbindung treten, vom reinen Staatsmonopol völlig ausschließlichen und rein öffentlich-rechtlichen Charakters, wie der Post, bis zum rein privaten Elektrizitätswerk, das erst vor knapp zwei Jahrzehnten einer besonderen gesetzlichen Regelung mit begrenzter Staatsaufsicht und teilweise öffentlich-rechtlich orientierten Rechtsnormen teilhaftig wurde.

Es ist richtig, daß alle diese Betriebe einen mehr oder weniger, allerdings auch wieder sehr verschieden stark ausgeprägten Monopolcharakter haben, daß sie besondere Funktionen im öffentlichen Interesse ausüben und der reinen Privatrechtssphäre entwachsen sind — die Energiewirtschaft im wesentlichen erst seit dem Erlaß des Energiewirtschaftsgesetzes von 1935. Man wird aber kaum sagen können, daß es sich bei der Herausbildung der für sie geltenden Rechtsnormen um ein besonderes Recht der Technik im eigentlichen Sinne, gar im Sinne eines sozialen Gemeinrechts handelt, vielmehr ist der wirtschaftliche Einschlag vielfach ebenso stark wie der technische oder gar noch stärker. Richtig ist, daß diese modernen Verkehrszweige neuartige und eigenartige Verbindungen und gegenseitige Durchdringungen von Privatrecht und öffentlichem Recht mit sich gebracht haben, wobei sogleich zu sagen ist, daß dieses Recht nicht von diesen Betrieben selbst, sondern vom Staat als Folgeerscheinung aus deren technischen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten geschaffen worden ist.

Die Natur der Rechtsnormen ist bei den erwähnten Einrichtungen außerordentlich verschieden, so daß man auch in dieser Hinsicht schwerlich von einer Einheit sprechen kann. Auch die Wirtschafts- und Rechtsbeziehungen der einzelnen Benutzer oder Gruppen von Benutzern zur gleichen Verkehrseinrichtung können sehr verschieden sein. Es ist z. B. sowohl wirtschaftlich-technisch wie rechtlich ein großer Unterschied zwischen den Beziehungen eines reinen Haushaltsstromabnehmers und eines industriellen Großstromabnehmers zum gleichen Elektrizitätswerk. Ein reiner Verkehrsbetrieb gibt nur Beförderungsleistungen, beim Elektrizitätswerk oder Gaswerk kommt industrielle Produktion und Verteilung hinzu. Es scheint also, als ob sich die Zeitschrift Technik und Recht zuweilen einer allzu starken Typisierung der Wirtschaft- und Rechtsbeziehungen ihrer Benutzer zu den modernen Verkehrsträgern befleißigen würde, so daß es ihr z. B. bei der Energiewirtschaft unterläuft, das Vorhandensein von Rechtsinstituten zu unterstellen, die wirtschaftspolitisch erwünscht sein mögen, aber tatsächlich noch nicht vorhanden sind. Trotzdem ist es verdienstvoll, die fraglos vorhandene Eigenart der Rechtsstellung der modernen Verkehrsträger und ihrer Rechtsbeziehungen zu dem Publikum in ihrer Neuartigkeit und Verschiedenartigkeit, in ihrer vielfach — nicht immer — charakteristischen Verbindung von privaten und öffentlichen Rechtsbeziehungen herauszuarbeiten, ein Rechtsgebiet, das gerade in seinem Gesamtzusammenhang noch recht wenig durchforscht ist, zumal es in großen Teilen erst auf Grund recht junger technischer und wirtschaftlicher Tatbestände geschaffen worden ist und noch in ständiger Bewegung ist. Nur wäre es zu begrüßen, wenn dieses Rechtsgebiet rein systematisch, sine ira et studio, und ohne wirtschafts- und rechtspolitische Tendenzen untersucht würde.

Eugen Melchinger

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Radio-Praktiker-Bücherlein.** Format 11,5 × 17,5 cm. Franzis-Verlag, München 1951. Preis je Heft 1,20 DM. **Heft 3: UKW-FM-Rundfunk in Theorie und Praxis.** Von Herbert G. Mendel. 2. Aufl. Mit 63 S., 35 B., 4 Taf. **Heft 4: UKW-Empfang mit Zusatzgeräten.** Von Herbert G. Mendel. 2. Aufl. Mit 63 S., 16 B., 9 Taf. **Heft 5: Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe.** Von Fritz Kühne. 2. Aufl. Mit 62 S., 36 B. **Heft 13: Schliche und Kniffe für Radiopraktiker.** Von Fritz Kühne. 2. Aufl. Mit 64 S., 57 B. **Heft 15: Moderne Zweitkreisempfänger.** Von Hans Sütaner. 2. Aufl. Mit 62 S., 43 B. **Heft 20: Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern.** Von Dr. A. Renardy. 2. Aufl.

Mit 62 S., 16 B. / **Heft 21: Funktechniker lernen Formelrechnen.** Bd. I. Von Fritz Kühne. Mit 64 S., 22 B. / **Heft 22: Lehrgang Radiotechnik.** Bd. I. Von Ferdinand Jacobs. Mit 127 S., 102 B., 3 Taf. / **Heft 26: Rundfunkpraxis.** Von Fritz Kühne. Mit 64 S., 36 B., 6 Taf. / **Heft 27: Rundfunkempfang ohne Röhren.** Vom Detektor zum Transistor. Von Herbert G. Mendel. Mit 58 S., 36 B., 5 Taf.

**Innenräumen.** Von Dr.-Ing. A. Schatz. 3., umgearb. u. erg. Aufl. (H. 26 d. Werkstattbücher). Mit 58 S., 112 B., Format 15 × 23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 3,80 DM.

**Dielectric Breakdown of Solids.** Von W. Jackson, H. Frolich und N. F. Mott. Mit 271 S., 75 B., Format 14 × 22 cm. Clarendon Press, Oxford 1951. Preis Glw. 25 sh.

**Langenscheidts Taschenwörterbuch der englischen und deutschen Sprache.** Teil 1: Englisch — Deutsch; Teil 2: Deutsch — Englisch. Neubearbeitung 1951. Mit 1108 S., Format 10 × 16 cm. Langenscheidt KG, Verlagsbuchhandlung, Berlin 1951. Preis geb. je Teil 6,45 DM.

**Bericht über die 4. Tagung in Düsseldorf am 14. März 1951.** Hrsg. v. Arbeitsgemeinschaft der technisch-wissenschaftlichen Bibliotheken. Mit 2 S., Format DIN A 5. Essen 1951.

**Berechnung der Maschinenelemente.** Von Dipl.-Ing. M. ten Bosch. 3., erg. Aufl. Mit 534 S., 926 B., Format 20 × 27,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 45.— DM.

**Kleine Physik.** Von Dr. Gerhard Niese. Mit 194 S., 258 B., Format 14 × 19,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis kart. 4,60 DM, geb. 6,20 DM.

**Schule des Funktechnikers.** 4. Bd.: Sondergebiete. Von H. Günther und H. Richter. 7., erw. Aufl. Mit 413 S., 538 B., Format 18 × 26 cm. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis Hlw. 20.— DM.

**DK-Berichte über Energiekabel.** Hrsg. Dr. phil. habil. H. W. Drossel im Auftrag des Kabelwerk Duisburg. Mit 116 S., 48 B., Format 14,5 × 21 cm. Duisburg 1951.

**Verelfachung der industriellen Produktion.** Berichte einer europäischen Studienkommission über ihre Erfahrungen in USA und in England. Hrsg. Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft. Mit 36 S., Format 16 × 24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis kart. 1,50 DM.

**Der Mensch im Betrieb.** Hrsg. Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft. Mit 70 S., Format 14 × 21 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis kart. 2,80 DM.

**Das Fernmeldegerät und seine Schaltungen.** Von Herbert Petzold. Mit 153 S., 206 B., Format 16 × 22 cm. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1951. Preis geb. 15,80 DM.

**Index to technical Reports.** Hrsg. Rubber Chemicals Division of Du Pont de Nemours & Co. (Inc.) Mit 55 S., Format 16 × 24 cm. Wilmington 98, Delavare (USA) 1950.

**Verantwortliche Betriebsformung.** Von Dr.-Ing. Dr. rer. pol. H. H. Kunze. 4., neubearb. Aufl. Mit 174 S., 4 Taf., Format 12,5 × 20 cm. Verlag Gebr. Gerstenberg, Hildesheim 1951. Preis 6,80 DM.

**Vortrag für die Jahresversammlung 1949 in Karlsruhe des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure.** Von K. Th. Wunderle. Mit 23 S., Format DIN A 5. Mainz 1951.

**Fifth Annual Report of the South African Bureau of Standards.** High Standards Council. Mit 160 S., zahlr. Taf., Format 21,5 × 27,5 cm. Johannesburg 1951. Preis 5 £.

**Zeit- und Kurztelmmessungen mit Elektronenstrahlzillographen.** Von Dr.-Ing. Paul E. Klein. Mit 60 S., 64 B., Format 17 × 24 cm. Westermanns Verlagbuchhandlung, Berlin 1949.

**Hochvakuum.** Seine Erzeugung, Messung und Anwendung im Laboratorium. Von Dr. rer. nat. Hansgeorg Laporte. (Bd. 5 d. Taschenbücher der praktischen Physik für Naturwissenschaftler und Ingenieure.) Mit 115 S., 117 B., Format 12 × 17 cm. Verlag von Wilhelm Knorz, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 5.— DM.

**Fortschritte der Radiotechnik.** Hrsg. H. Richter. Bd. 12 d. Handbuch der Funktechnik und ihrer Grenzgebiete. Lieferung 4. Mit 104 S., zahlr. B., Format 17 × 25 cm. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis kart. 10.— DM.

**Fernmelde-technische Zeitschrift 4 (1951) Heft 5.** Inhalt: W. Zerbe, Das deutsche Trägerfrequenzsystem V 60; H. Boucke, Über eine Einrichtung zur Frequenzmodulation von Sendern mit Hilfe voramagnetisierter HF-Eisenkernspulen; R. Führer, Hörzeichen im Fernsprechnetzverkehr; J. Müller, Die Bestimmung des Amplituden- und Phasenganges von linearen Übertragungssystemen mit Hilfe von Rechteckwellen; K. Werner, Betrachtungen zur Frage der Betriebsdämpfung des Fernübertragers; P. Güttner, Akustische Wandler für Hörhilfen.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. Grassmann, Düsseldorf, Blücherstr. 45  
 Prof. Dr. jur. Friedrich List, Darmstadt, Äußere Ringstr. 106  
 Baurat Hansjörg Mackh, Karlsruhe, Klosterr. 36  
 Prof. Dr. Otto Schäfer, Institut für angewandte Physik, Frankfurt a. M., Robert-Mayerstr. 2  
 Dr.-Ing. Tom Schmitz, Dresden-A 21, Lewickistr. 13  
 Dr. Erich Schuch, Ludwigshafen/Rhein-Oppau, Richard-Wagnerstr. 1  
 Erwin Steinhilber, Berlin-Wilmersdorf, Bonner Str. 5  
 Dr.-Ing. Otto Vent, Essen, Zweigertstr. 32

Abschluß des Heftes: 26. Mai 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 37. Verlag: VDE-Verlag GmbH, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 10, Postfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 88. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH, wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 1144, DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18.— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

Jahrgang

Wuppertal, 1. Juli 1951

Heft 13

## Die Elektrotechnik auf der Technischen Messe Hannover 1951

Von P. Brückner, Hannover

DK 621.3 (061.4)

Mit der Technischen Messe in Hannover 1951 ist eine u der Technik durchgeführt worden, wie sie gleich groß- und eindrucksvoll in Deutschland nie zuvor erlebt wur- Alle, nicht nur Deutsche, sondern auch Ausländer, die e Messe gesehen haben, sind überwältigt von der Fülle Qualität der gezeigten Erzeugnisse. Dabei hat nicht nur Masse gewirkt, sondern auch die Art, wie es gezeigt le. Messeleitung und Aussteller hatten einen Rahmen rafften, der den ausgestellten Erzeugnissen durchaus übürtig war. Als im Jahre 1947 unter der Bezeichnung ort-Messe in Hannover der erste Versuch einer Messe- instaltung gemacht wurde, hat sicher niemand eine sol- Entwicklung vorausgesehen. Gleich imponierend ist die icklung der Ausstellierzahlen und der Ausstellungsflä- wie sie in Bild 1 aufgezeichnet ist. 1951 hat Hannover islang bestehenden deutschen Messen bereits über- ert, auch Leipzig vom Jahre 1939.

In der Elektro- nik haben etwa Firmen ihre Er- misse ausgestellt. haben mit ihren den eine über- te Fläche von et- 29 000 m<sup>2</sup> belegt sind damit nach Maschinenbau die itgrößte Ausstel- lruppe. Diese Zah- besagen, daß etwa Hälfte der in itdeutschland und in beheimateten en der Elektro- strie in Hannover gestellt haben, die ihrer zusammen- ßten Kapazität r weit mehr als r der Produktion

elektrotechnischen Erzeugnisse herstellen. Mit diesen Ausstellern waren alle Sparten der Elektroindustrie lük- los und hervorragend besetzt. Mit der belegten Stand- ie ist die diesjährige elektrotechnische Ausstellung noch etwa 50% umfangreicher gewesen als im Vorjahr.

Aussteller und Besucher werden es als einen erfreu- en Fortschritt der diesjährigen Messe bezeichnet haben, das ganze Programm elektrotechnischer Erzeugnisse in m geschlossenen Block untergebracht wurde, der aus der opa-Halle und den danebenliegenden Hallen 10 ... 12 be- d. Die Europa-Halle, die vollkommen freitragend in ilbauweise ausgeführt ist und deren Stahlbinder 86 m rspannen, besitzt bei einer Länge von 160 m allein 00 m<sup>2</sup> Fläche.

Der Eigenart der Elektrotechnik entsprechend, die viel- steuernde, messende und überwachende Funktionen übt, waren elektrotechnische Erzeugnisse überall auf dem egegelände als organische Bestandteile anderer Maschinen

und Apparate zu finden. Es sei nur an die zahllosen elektro- motorischen Antriebe und elektrischen Steuerungen im Ge- samtgebiet des Maschinenbaues erinnert.

Besonders beeindruckte, daß sehr viele Erzeugnisse nicht nur gezeigt und dazu Erläuterungen gegeben wurden, sondern daß sie im Betrieb vorgeführt wurden. So hatten einige Firmen die Kosten nicht gescheut, wochenlang mit vielen Monteuren ihre Geräte elektrisch anzuschließen, so daß sich die Interessenten einen unmittelbaren Eindruck von den Be- triebseigenschaften der Erzeugnisse verschaffen konnten.

In diesem Bericht können aus der Vielfalt der ausstell- ten Geräte nur einige herausgegriffen werden. Es soll dabei vor allem das Sehenswerte geschildert werden, das in der Messe-Vorschau (Heft 9 der ETZ) noch nicht erwähnt wurde.

### Hochspannungsschalter

Einen imponierenden Eindruck auf den Besucher machte das Freigelände vor der Europa-Halle mit den Hochspan- nungsschaltern der Firmen AEG, SSW und V u. H. Ein voll- ständiges 110 kV-Schaltfeld mit Leistungsschalter, Trenns- schalter, Stromwandler und Spannungswandler einschließ- lich der dazugehörigen Druckluftanlage hatte die AEG dort errichtet (Bild 2). Leistungsschalter und Trennschalter konn- ten betätigt werden. Der Leistungsschalter mit einer Abschalt- leistung von 2500 MVA war mit einer Kurzschluß-Fortschalt- einrichtung versehen. Bemerkenswert an dem 110 kV-Schal- ter der AEG waren die neuartigen, robusten und auch bei Vereisung betriebssicheren Klauenkontakte. Neben diesem Schaltfeld hatten die SSW ihre Expansionschalter Reihe 60 ... 110 aufgestellt sowie einen für das Ausland neu ent- wickelten 150 kV-Schalter mit einer Abschaltleistung von 2500 MVA.

Auf den Ständen in der Europa-Halle waren weiter für alle Spannungen und Abschaltleistungen Hochspannungs- schalter von sämtlichen schalterbauenden Firmen ausgestellt. Neu auf der diesjährigen Messe waren Leistungsschalter- typen mit Kurzunterbrechung auch für Mittelspannungen. Die BBC hat für die Kurzunterbrechung an ihren normalen Schal-

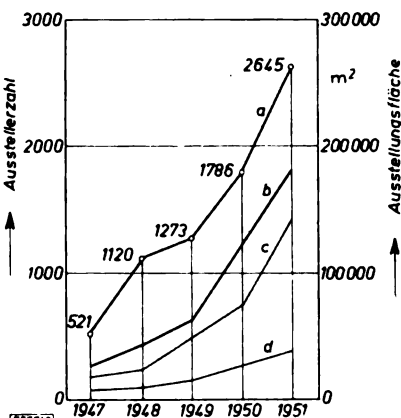


Bild 1. Zunahme der Ausstellierzahlen und der Ausstellungsfläche der Technischen Messe Hannover von 1947 bis 1951.

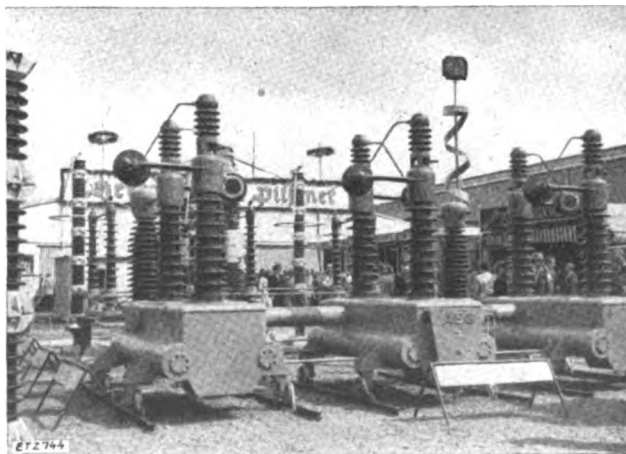


Bild 2. 110 kV-Schaltfeld (AEG).

tern einen zweiten Druckkessel angebaut, der evtl. auch nachträglich an bereits eingebauten Schaltern angebracht werden kann. Durch diesen zweiten Druckkessel wird der größere Luftbedarf bei der schnellen Wiedereinschaltung berücksichtigt. Ferner zeigte die Fa. V u. H einen normalen Ölströmungsschalter mit Kurzunterbrechungseinrichtung, der durch einen Motorantrieb betätigt wird. In Verbindung mit dem Modell einer Schaltwarte ließen sich die verschiedenen Schaltfunktionen erproben, die der Schalter ausführen kann. Die Zeit, während der die Kontakte bei der Kurzunterbrechung getrennt sind, kann bei diesem Motorantrieb eingestellt werden. Es wurde vorgeführt, daß auch bei einem Motorantrieb die Abschaltung und Wiedereinschaltung in 0,2 s durchgeführt werden kann.

Als Neuerung im Schaltanlagenbau wurden von den Firmen Neumann, AEG und SSW fertigmontierte Hochspannungs-Transformatorstationen in transportablen Stahl-schränken herausgebracht. Außer einem Platz für den Transformator ist in diesen Schränken die elektrische Schalteinrichtung für den Transformator und für ein einzuführendes Hochspannungskabel eingebaut. Trotz der kleinen Abmessungen dieser Schaltschränke hatten die genannten Firmen einen konstruktiven Aufbau gefunden, der eine gute Zugangsmöglichkeit zu den einzelnen Geräten ermöglicht. Diese Transformator-Stationen in Baukastenform haben gegenüber den gemauerten Hochspannungsanlagen den Vorteil, daß sie nicht ortsgelunden sind, fabrikkfertig angeliefert und damit kurzzeitig in Betrieb genommen werden können. Sie sind geeignet, auch bei zeitlich begrenztem Einsatz wirtschaftlich verwendet zu werden. Weiter erwähnenswert ist das von der Calor-Emag ausgestellte Hochspannungsschaltfeld mit ausfahrbaren Geräten; Schalter, Stromwandler usw. sind auf einen Wagen aufmontiert und ausfahrbar. Nur die Sammelschienen und die Kabelendverschlüsse sind fest eingebaut. Die Geräte auf dem Wagen werden an die fest eingebauten Teile der Anlage — einschließlich der Steuerleitungen — über besondere Verbindungsstücke angeschlossen, die beim Einfahren des Wagens ineinander geschoben werden. Durch Sitzrollen wird eine einwandfreie Führung des Wagens in die Zelle gewährleistet, so daß die Verbindungsstücke sicheren Kontakt geben. Schutzeinrichtungen sorgen dafür, daß beim Einfahren des Wagens der Schalter geöffnet und der Wagen geerdet wird, bevor die Hochspannungsklemmen am Wagen Verbindung mit denen der Sammelschienen bekommen. Auf diese Weise kann ein gesamtes Schaltfeld innerhalb weniger Minuten durch einen Reservewagen mit aufgebauten Geräten ausgewechselt werden.

#### Elektrische Maschinen und Transformatoren

Es dürfte wohl einmalig sein, daß auf einer Messe ein Wandertransformator im Tiefladewagen gezeigt wurde. Die Fa. Lepper hatte einen ihrer 100 kV Wandertransformatoren mit einer Leistung von 30 MVA vor der Europa-Halle aufgestellt (Bild 3). Der Transformator ist ausgerüstet mit Last-

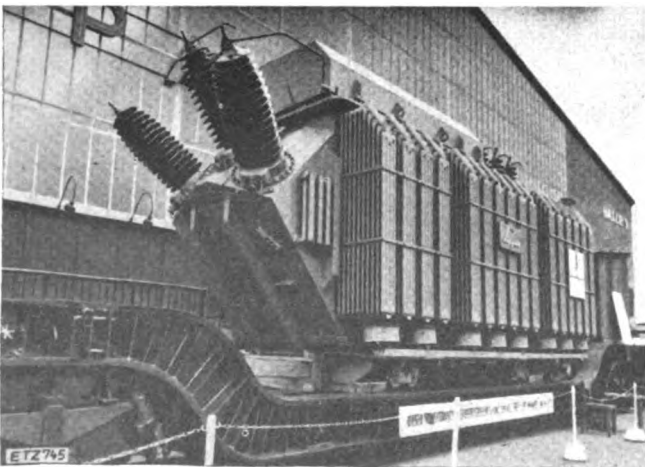


Bild 3. 30 MVA-Wandertransformator (Lepper) vor der Europa-Halle (Photo Swart-Hannover).

regelschalter von  $\pm 13$  Stufen, wobei bemerkenswert ist, daß der versenkte Einbau des Lastregelschalters in einem von Transformatoröl getrennten eigenen Ölraum untergebracht ist, wodurch ein leichtes Auswechseln des Lastschalters in kürzester Zeit möglich ist. Die Unterspannung des Transformators ist aufgeteilt in 6 Gruppen mit je 5,85 kV bei einer Spannung von 104 kV auf der Oberspannungseite. Bei Reihenschaltung aller Gruppen erhält man also eine Spannung von 35,1 kV pro Phase oder eine verkettete Spannung von 61 kV. Ebenfalls zeigten die Schorch-Werke in der Halle einen 60 kV-Transformator mit einer Leistung von 10 MVA und einer Stufenregelung  $\pm 10$  Stufen. Weiter ist ein 400 kVA-Prüftransformator der Hochspannungs-Gesellschaft in Köln-Zollstock mit einer Spannung von 400 kV auf Hartpapierstützern aufgestellt war, so daß der Mittel des Prüftransformators auf ein Hochpotential von 400 kV gegen Erde gebracht werden kann. Dieser Transformator gehört zu einer Prüfanlage, die in Kaskadenschaltung mit solchen Transformatoren eine Prüfspannung von 1,2 M erzeugen kann. Auf dem gleichen Stand wurde noch ein weiterer Prüftransformator gezeigt, mit welchem über eine Reihenschaltung von vielen Trockengleichrichtern eine Gleichspannung von 85 kV hergestellt werden kann. Der Prüftransformator ist belastbar mit einer Stromstärke von 500 mA. Diese Prüfanlagen sind besonders für Kabelprüfungen gedacht. Neuerdings liefert diese Firma solche Anlagen auch für Lackierereien. In einen auf Erdpotential liegenden Behälter wird das zu lackierende Stück gebracht und an ihm Gleichspannung gelegt und der Lack in Form von Nebel eingespritzt. Die feinen Lackteilchen schlagen sich ähnlich wie bei Entstaubungsanlagen an den an Spannung gelegten Gegenstand nieder. Auf diese Weise geht kein Lack beim üblichen Verfahren verloren. Große Teile können auf diese Weise sehr schnell lackiert werden. Durch Vorwiderstände wird die Leistung so klein gehalten, daß auch bei Überschlagen keine Brandgefahr besteht.

Die Zahl der Aussteller, die elektrische Maschinen zeigten, hat sich gegenüber dem Vorjahre stark vermehrt. An Firmen, die bisher nur kleinere Motoren bauten, erschienen diesmal mit Drehstrommotoren von 500 ... 900 kW. Ein großer Gleichstromgenerator mit einer Leistung von 1320 kW und einer Stromstärke von 2000 A wurde von der Fa. COM Hamburg, ausgestellt. Besonders zahlreich waren in diesem Jahr regelbare Drehstrom-Kommutatormotoren zu sehen. Eindruck erweckte durch die Vielfalt dieser Motoren der Stand der Fa. Piller, Osterode. Von ihr wurden große Wechselstrom-Kommutatormotoren im Betrieb vorgeführt, die durch eine Automatik dauernd in ihrer Drehzahl ansteigend und abwärts geregelt wurden. Durch laufende Regelung während der ganzen Messezeit wurde eindrucksvoll die Betriebssicherheit der Motore demonstriert. Auf dem gleichen Stande lief ebenfalls ein vierfach umschaltbarer Drehstrommotor (375, 750, 1000 und 1500 U/min), der in kleinen Zeitabständen automatisch auf die verschiedenen Drehzahlen umgeschaltet wurde. Daneben konnte an einem kleinen Impulsionsmotor von dem Beschauer selbst mittels Hebel die Drehzahl eingestellt werden. Besonderes Interesse auf dem Stande fand ein Kommutatormotor mit ferngesteuerter Drehzahlregelung und Drehzahlvorwahl. Mit einem kleinen Drehknopf lassen sich auf einer Skala die Drehzahlen beim Anlaufen des Motors einstellen. Beim Ausschalten des Motors laufen die Bürsten automatisch wieder in die Ausgangsstellung zurück.

Besondere Beachtung verdient noch der von den Schorch-Werken gebaute und als „Drehzahl-Regelmeister“ bezeichnete Frequenzumformer für stufenlose Frequenzregelung von 0 ... 40 Hz. Das Gerät, das nur aus einer Maschineneinheit besteht, kann durch Übergang in den übersynchronen Bereich auch ein umgekehrt laufendes Drehfeld erzeugen.

Zum Antrieb für Zuckerzentrifugen hatte die Fa. Piller Braunschweig, einen Spezial-Kurzschlußläufer-Motor in fertiger Ausführung mit der dazugehörigen Schaltersteuerung ausgestellt, die in einem Schrank untergebracht war. Diese Motoren sind mehrfach polumschaltbar. Sie

Motor eine etwa der Polzahl entsprechende Nenndrehzahl erreicht hat, schaltet er automatisch auf die nächstere Nenndrehzahl um. Durch Polumschaltung kann die Motor beim Abbremsen der Zentrifuge als Generator laufen und dabei einen Teil der beim Anlaufen benötigten elektrischen Energie ins Netz zurückliefern. Für die Abbremsung Motors von seiner niedrigsten Nenndrehzahl bis zum Stillstand ist eine Wirbelstrombremsung vorgesehen, indem die Wicklung des Motors Gleichstrom geschickt wird. Gleichrichtergerät, das den Gleichstrom liefert, ist ebenfalls in dem Steuerschrank untergebracht.

Nach neuartigen Gesichtspunkten ist ein Einphasenschleppstrommotor aufgebaut, der auf dem Stand des Himel-Werkes zu sehen war. Das Anzugmoment dieses Motors ist durch eine Spezialwicklung ohne Benutzung eines Kondensators auf das 1,5fache des Nenndrehmomentes bei dem 4,8fachen Wert des Nennstromes gebracht worden. Der Motor, der läufergespeist ist, wird für Leistungen bis zu 10 kW hergestellt. Ein im Lagerschild eingebauter Überlastungsschutz sorgt dafür, daß die Wicklung des Motors nicht überlastet wird.

Die Fa. Loher und Söhne GmbH, Ruhstorf, erprobt seit längerer Zeit Silicon-Isolierung in Verbindung mit Glas- und Glimmer beim Bau von Motoren und bei der Herstellung von Dynamodrähten. Nach den Prüfungen dieser Jahre haben die von ihr benutzten Silicon-Isolierungen gute elektrische Eigenschaften, sind außerordentlich hitzefest und wasserabweisend. Sie führte einen Motor mit dieser Isolierung vor, der schon 1500 h in einem Wärmeschrank mit einer Temperatur von 180 °C gelaufen war.

### Steuerungen und Regelungen

Besonders groß sind die Fortschritte, die durch enge Zusammenarbeit der Firmen der Elektroindustrie mit den Werkzeugmaschinenfabriken auf dem Gebiet der Automatik erreicht worden sind. Als technisches Wunderwerk wurde von Besuchern eine Revolverbank bezeichnet, bei der im Uhrzeigersinn die Bearbeitungszeiten, Schnittgeschwindigkeiten usw. eingetragen und in eine Hollerith-Karte gelocht werden. Diese Karte wird in der Maschine abgetastet und führt dann automatisch steuernd den ganzen Arbeitsgang planmäßig durch. In einem anderen Falle tastet ein Brennschneider mit einer Zündzelle die auf den Arbeitstisch gelegte Zeichnung des Werkstückes ab und schneidet dann völlig automatisch die gewünschten Formen aus.

Auch auf den Ständen der Elektrofirmen wurden Steuerungen gezeigt, die sich im Betrieb befanden. Aus der Vielzahl der Möglichkeiten können in diesem Bericht nur einige interessante Beispiele herausgegriffen werden. Die Fa. Renner und Jung GmbH, zeigte z. B. die Steuerung für einen Fahrradnippel-Automaten. Die gezeigte Steuerung ist besonders gutes Beispiel für die heutigen Anforderungen an eine Werkzeugmaschinen-Steuerung. Der Automat, der mit 8 Arbeitsmotoren etwa 40 Nippel/min gefertigt, verlangt von einigen der dazugehörigen Luftschütze eine hohe Schaltfähigkeit von rd. 2500 Schaltungen/h. Da die Maschine meist in 16stündigem Betrieb arbeitet, entspricht das einer Schaltzahl von 1 Mio. Schaltungen in 4 Wochen. Solche Spezialmaschinen auch nach Übersee geliefert werden, setzt das für die Schütze einen garantierten langjährigen störungsfreien Betrieb voraus. Da die Schütze über Endschaltstellen gesteuert werden, die im gleichen Rhythmus arbeiten, sind auch die gleichen Anforderungen auch für diese Art von Steuergeräten zu.

Ein kombiniertes Phasen- und Drehtransformator für die Eichung von Zählern hat die Firma Elektrotechnische Werke in Pöttmes herausgebracht. In dem Ständer des Drehtransformators sind 2 Eisenpakete untergebracht, von denen nur eines mit einer Wicklung versehen ist. Der Anker, der die Erregerwicklung trägt, ist in der Längsrichtung verschiebbar und auch verdrehbar. Befindet sich die Erregerwicklung innerhalb des bewickelten Teiles des Ständers, so wird die maximale Spannung in dieser Wicklung erzielt. Sie wird umso kleiner, je mehr der Anker aus dem bewickelten Teil des Ständers herausgezogen wird und ist dadurch von 0 bis zur vollen Spannung regelbar.

Wird der Anker verdreht, so kann auch noch die Phasenlage in beliebiger Größe verändert werden. Diese Drehtransformatoren werden bis zu einer Leistung von 3,5 kVA hergestellt.

Für komplizierte Schaltungen hat die Fa. Peters KG., Iserlohn, interessante Druckknopf-Schaltkombinationen entwickelt. Diese Geräte lassen sich für die verschiedensten Anwendungsgebiete verwenden und stellen mechanisch schaltfolgerichtige Verriegelungen her.

Die Firma Landis und Gyr, Schweiz, schaltete mit ihrer Tonfrequenz-Fernsteuerungsanlage die Beleuchtung in der Europa-Halle. Steuerungen dieser Art werden seit Beginn des letzten Krieges in der Schweiz mit gutem Erfolg betrieben. Die tonfrequente Steuerspannung (475 oder 725 Hz) beträgt 2% der Netzspannung, beim 220 V Netz also 4,4 V. Die Hauptmerkmale sind:

a) Übertragung einer fast unbeschränkten Anzahl Kommandos in Form von kurzen Impulsen bestimmter Frequenz. Kommandoauswahl durch Wähler mittels gleichlaufender Synchronmotoren am Sendeort und an den Empfangsstellen.

b) Keine Impulsverstärkung in den Empfängern, sondern genügend hohe Sendeleistung zur Gewährleistung eines einwandfreien, direkten Empfangs.

c) Einfache Empfänger aus wenigen Einzelteilen, die sich bereits in vielen Anlagen bewährt haben.

Auf dem Stand der Fa. Siemens ist das Betriebsmodell einer Kransteuerung aufgebaut. Die sog. „Doppelmeister-Schalter“, die in die beiden Armlehnen des Maschinisten sitzend eingebaut sind, vereinigen in sich die Funktion zweier Schalter und haben einen in 2 Ebenen beweglichen Antrieb. Mit diesen zwei Schaltern ist die gesamte Krananlage in allen ihren Bewegungen leicht und übersichtlich für den Maschinisten zu bedienen.

Für die Steuer- und Regeltechnik besteht oft die Aufgabe, durch kleine Impulse schnell große Wirkungen zu erreichen. Die AEG hat für diesen Zweck eine Verstärkermaschine „Amplidyne“ entwickelt, in der geringe Steuerleistungen unter Zwischenschaltung des Ankerquerfeldes erhebliche Ausgangsleistungen in kürzester Zeit auslösen, die zur Regelung großer Maschinen dienen. Die Verstärkermaschinen werden für Ausgangsleistungen von 0,5 ... 40 kW gebaut, deren Verstärkungsfaktor 1:5000 und mehr ist.

### Stromrichter und elektronisch gesteuerte Antriebe

Einen großen Raum nahmen die elektronisch gesteuerten Antriebe ein. Einen stromrichtergespeisten Motorantrieb für Walzenstraßen in Eingefäßschaltung führte die AEG im Betrieb vor. Als Stromrichtergefäß wird ein pumpeleser Eisengleichrichter für 1000 A verwendet. Durch einen einzigen Hebel kann die gewünschte Drehzahl des Antriebsmotors in beiden Richtungen in kürzester Zeit eingestellt werden. Eine Steuerung sorgt dafür, daß der Motor mit vollem Moment bis zum Erreichen der gewünschten Drehzahl hochläuft und ebenso beim Umschalten auf eine kleinere Drehzahl mit vollem Moment bis zu dieser abgebremst wird, indem der Stromrichter automatisch auf Wechselrichterbetrieb umschaltet. Schaltet man den laufenden Motor auf umgekehrte Drehrichtung, so wird der Motor bis etwa zur Drehzahl 0 abgebremst. Der Stromrichter schaltet dann automatisch auf Gleichrichterbetrieb um, und der Motor läuft wieder mit seinem Nenndrehmoment bis zu der gewünschten Drehzahl hoch. Da die gesamte Anlage mit nur einem einzigen Hebel betätigt wird, kann sie ohne Gefahr für den Antrieb auch von jedem Nichtfachmann bedient werden. Auf der Messe konnte jeder Interessent diesen Antrieb selbst regeln und dadurch einen Eindruck über die einfache und sichere Bedienung gewinnen.

Für den Antrieb von Werkzeugmaschinen bis zu einer Antriebsleistung von 20 kW werden stromrichtergespeiste Gleichstrommotore mit Thyratrons als Ventile immer mehr verwendet. Mit einem Potentiometer an der Werkzeugmaschine kann die Drehzahl des Motors beliebig in einem Bereich von 1:30 und mehr geregelt werden. Eine Kompensationseinrichtung zum Ausgleich des inneren Spannungsabfalles des Motors und des Stromrichters, eingebaut in die Steuerung, sorgt dafür, daß die am Potentiometer einge-



stellte Drehzahl unabhängig von der Belastung annähernd konstant bleibt. Durch eine auf die Steuerung der Thyratrons wirkende Strombegrenzung ist eine Vorwahl der Drehzahl und eine Programmsteuerung möglich. Konstante Schnittgeschwindigkeit beim Plandrehen und stufenlos regelbarer Vorschub lassen sich mit einer solchen Steuerung ohne weiteres verwirklichen. Die Firmen Pintsch Elektro-GmbH., BBC, AEG und Dr.-Ing. Jovy hatten mehrere solcher Steuerungen in Betrieb.

Erstmals wurde ein Stromrichterantrieb ohne Röhren mit Trockengleichrichter und Drosselregler gezeigt. Durch Vormagnetisierung mit Gleichstrom wird die Induktivität einer Drosselspule und damit der Wechselstromwiderstand der Drosselspule verändert. Legt man diese Drosselspule mit einem in Reihe geschalteten Trockengleichrichter an Wechselspannung, so kann durch eine veränderliche Vormagnetisierung die gleichgerichtete Spannung am Motor und damit seine Drehzahl geregelt werden. Auch bei dieser Drosselregelung mit Trockengleichrichter ist wie bei den anderen gezeigten stromrichtergespeisten Antrieben eine Kompensation des inneren Spannungsabfalles eingebaut, so daß auch bei dieser Art des Antriebes eine konstante Drehzahl bei Belastungsänderungen gewährleistet ist. Die AEG, die diese Entwicklung durchgeführt hat, führte an einem Modell vor, daß bei diesem Regelantrieb die Drehzahl des Motors durch Regelung der Ankerspannung im Bereich von 1:20 regelbar ist. Verwendet man ferner eine Feldregelung des Motors, so ist der Regelbereich leicht um das Dreifache zu erweitern.

Eine sehr interessante photoelektrische Registriersteuerung für Papierverarbeitungsmaschinen hatte die AEG neu entwickelt. Die Steuerung dient dazu, das maschinelle Zuschneiden einer mit regelmäßig wiederkehrenden Bildern bedruckten Papierbahn, die von der laufenden Rolle abgewickelt wird, so zu überwachen, daß der Schnitt jeweils an der gewünschten Stelle mit  $\pm 1$  mm Toleranz erfolgt. Je nachdem ob das Papier durchsichtig, halbdurchsichtig (Wasserzeichen) oder undurchsichtig ist, werden verschiedene optische Geräte verwendet, welche die im Bildabstand aufgedruckten oder eingepägten Registriermarken abtasten. Das Arbeitsspiel geht aus der in Bild 4 aufgezeichneten schematischen Darstellung für Cellophanpapier hervor. Die Papierbahn wird durch den Zugzylinder in Pfeilrichtung an dem Tastkopf (Strahler und Photozellengehäuse) vorbeigezogen. Befinden sich das rotierende Messer und die Kontaktweiche über die eingezeichnete mechanische Verbindung auf gleicher Geschwindigkeit und in richtiger Phasenlage, so bewirkt die vorbeieilende Registriermarke eine kurzzeitige Verdunkelung der Photozelle. Die Kontaktweiche sperrt dann den als Folge davon ausgelösten elektrischen Impuls. Bleibt nun aber die Registriermarke beispielsweise durch Dehnung des Papiers um mehr als 1 mm zurück, so gibt die Kontaktweiche jetzt einen Kanal des Röhrenschalters frei. Der erzeugte elektrische Impuls gelangt zum Regelmotor, der eine Verstellung der Umlaufgeschwindigkeit des rotierenden Messers über das Ausgleichsgetriebe vornimmt, bis

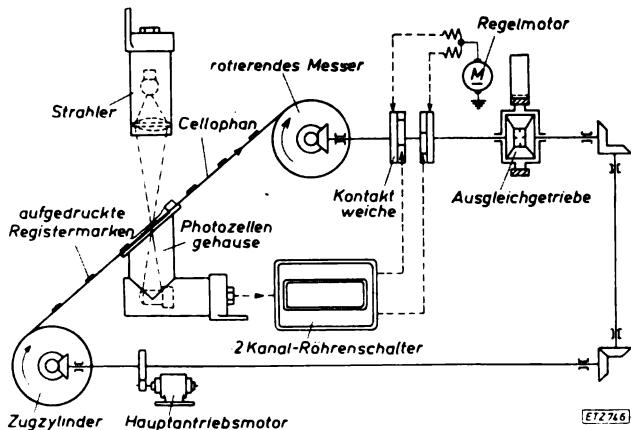


Bild 4. Prinzipschaltbild einer photoelektrischen Steuerungsanlage für Papierverarbeitungsmaschinen.

die Synchronisierung wieder hergestellt ist. Eilt die Registriermarke voraus, so wird über den zweiten Kanal des Röhrenschalters der gegenläufige Vorgang eingeleitet.

**Niederspannungs-Schaltgeräte und Wandler**

Einen sehr breiten Raum nahmen die Niederspannungsschaltgeräte ein. Die Fa. Klöckner-Moeller zeigte auf dem Stand wieder ihr umfangreiches Fertigungsprogramm von Schaltgeräten mit Maschinenlebensdauer. Sie verwendet diese Schaltgeräte weitgehend Panzerisoliertstoff, eine Mischung aus Phenol-Harz mit Cordfasern, deren mechanische Festigkeit von den Besuchern durch kräftige Würfe gegen eine Wand in eindrucksvoller Weise erprobt werden konnte.

Sehr interessant war auf diesem Stande die Messung der Kriechstromfestigkeit bei Preßstoffen. Sie wurde gegen an den üblichen Preßstoffen auf Phenolharz-Basis und einem von dieser Firma neu entwickelten phenolfreien Preßstoff, genannt „Nyhamin-Preßmasse“. An zwei Elektroden die im Abstand von 10 mm die Oberfläche der Proben rühren, wird eine Wechselspannung von 500 V gelegt und dann in Abständen von einer Minute automatisch jeweils ein Tropfen Nekal-Lösung auf die Proben gegeben. Die Masse mit Phenol-Harz schlägt meistens schon nach Auftreten des zweiten Tropfens über; Nyhamin-Preßmasse überträgt nach Aufbringung von vielen Nekal-Tropfen kleine Lichtscheinungen mit einem Übergangstrom von nur 10 mA. Anschließend kann an diese Probe noch Hochspannung gelegt werden, ohne daß Überschläge erfolgen. Wird an phenolfreies Harz ein organischer Stoff als Füllmittel beigemischt, darf die Prüfspannung 1000 V betragen. 2500 V man anlegen, wenn ein Füllstoff anorganischer Natur verwendet wird. Dieser neue Preßstoff wird überall dort eingesetzt, wo es sich um Tragstücke für spannungsführende Bauteile handelt.

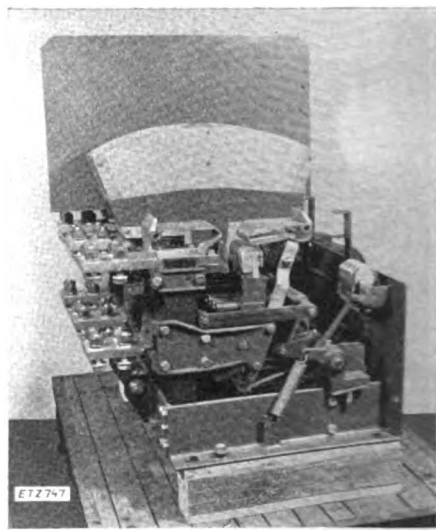


Bild 5. Selbstschalter für 3000 A (V u. H). Blaskammern und Trennvorrichtungen zum Teil entfernt.

Auch bei anderen Firmen ist die Entwicklung der Niederspannungsschalter in den letzten Jahren stark weitergetrieben worden. Die Firmen Siemens und Voigt u. Haefner zeigen Selbstschalter für 3000 A für Spannungen bis 1000 V Wechselspannung und 1200 V Gleichspannung. Das Schaltvermögen ist bei den Schaltern beider Firmen 50 000 A. Die Firma Voigt u. Haefner besteht die Kontaktanordnung aus Klotzkontakten, die durch kräftige Stahlfedern beständigem Druck erhalten (Bild 5). Zur Entlastung der den Betriebsstrom führenden Kontaktstellen vom Schaltfeuer vollziehen die Kontakte eine Abwälzbewegung beim Schaltvorgang. Drehstrom genügt das Magnetfeld der Stromschleife der Kontaktaufbau bildet, um den Abschaltlichtbogen zur Entschichtung in die großen Blaskammern hineinzutreiben. Unterstützt wird die Blaswirkung durch einen Eisenblechschirm, der um die Blaskästen herumgelegt ist. Bei Gleichstrom wird eine zusätzliche Blaspule durch den Lichtbogen erzeugt.

, wenn dieser von den Hauptschaltstücken auf die Lichtgen-Laufflächen wandert. Der Schalter kann mit den verschiedensten Auslöseorganen versehen werden, die eine itgehende Anpassung an betriebliche Verhältnisse gestat-

Die Fa. Neumann zeigte eine ähnliche Konstruktion eines dstrom-Schalterautomaten für 4000 A mit Schiebewälz- taktten. Auch dieser Schalter ist so ausgebildet, daß der itbogen beim Abschalten von der betriebsmäßigen Kon- ststelle ferngehalten wird.

Bei der Max Purrmann KG. sah man schaltbare NH-Si- rungsträger, von denen 3 oder 4 Einheiten in einem Gerät ammengefaßt werden können, und in denen die NH-Pa- nen geschützt untergebracht sind.

Den wirtschaftlichen Erfordernissen entsprechend ist man trebt, Schaltanlagen mit kleinstmöglichen Abmessungen bauen. Die Wandler bauenden Firmen legen daher bei der wicklung besonderen Wert auf kleine Abmessungen ih- Stromwandler, wobei die Kurzschlußfestigkeit bei den k zunehmenden Kurzschlußleistungen zu berücksichtigen Der von der Fa. Dr.-Ing. Hans Ritz herausgebrachte por- anisolierte Stützer-Stromwandler nach dem Kreuzring- zip stellt eine Weiterentwicklung der bekannten porzel- solierten Topf- bzw. Stützerkopf-Bauarten dar, bei der Bauhöhe durch den Fortfall des Topfes bzw. Kopfes we- tlich niedriger wird.

Mit dem Handgriffwandler der Fa. Purrmann und Herr d einem vielfach festgestellten Bedürfnis entgegen ge- men, Betriebs- und Kontrollmessungen in Schaltanlagen h dort vornehmen zu können, wo sich ein fester Einbau Meßinstrumenten nicht lohnt. Seine Anwendung geht der Tatsache aus, daß alle Abzweige gesichert sein müs- und diese Absicherung sehr oft durch Hochleistungs- erungen in Verbindung mit Federkontaktunterteilen er- it. Der Handgriffwandler ist so gebaut, daß er in diese erungsunterteile ohne weiteres eingesetzt und so ohne Bere Betriebsunterbrechung eine Messung durchgeführt den kann.

Eine Neukonstruktion dieser Firma ist ein Wandler für kV. Dieser Wandler, der zunächst für die Reihe 10 ent- celt wurde, ist ein Ringkern-Stützerwandler. Seine Be- derheit liegt darin, daß die Fuge, die das Einlegen des der Sekundärwicklung versehenen Ringkernes in den ierkörper gestattet, an einer feldfreien Stelle liegt und ie Stelle infolgedessen keinen schwachen Punkt der Iso- on bedeutet. Der Wandler verbindet somit den Vorteil Ringkernwandlers mit der Sicherheit des fugenlosen Iso- körpers.

#### Kabel und Installationsmaterial

Die Hackethal Draht- und Kabelwerke, Hannover, führ- nach langer Entwicklungsarbeit erstmalig ihr Stahlwell- tel-Kabel der Öffentlichkeit vor. Statt mit einem Blei- tel wird das Kabel mit einem längsgeschweißten gewell- Mantel aus unlegiertem Bandstahl von 0,3 ... 0,4 mm Stär- umgeben. Der Seelenaufbau ist der gleiche wie bei Ka- mit Bleimantel. Durch Verwendung dieses Stahlmantels d eine Gewichtsersparnis von rd. 30 ... 50% erzielt. Der s kann ebenfalls niedriger gehalten werden. Wegen sei- größeren Biegsamkeit und des geringeren Gewichtes s leichter zu verlegen. Die Korrosionsfestigkeit ist durch e Sonder-Korrosionsschutzmasse gewährleistet. Eine Be- rung erhält das Kabel mit Stahlwellmantel in der Regel t, da im Gegensatz zum Bleimantel ein mechanischer tzt des Stahlmantels nicht erforderlich ist. Nur in beson- en Fällen, bei denen außergewöhnliche Beanspruchungen liegen, wird eine Bewehrung vorgesehen. Hergestellt wer- diese Kabel sowohl als Starkstrom- wie auch als Fern- dekabel.

Die Fa. Hensel, Altenhunden, stellt neuartige Vertei- lskästen aus Isolierstoff her. Diese Kästen lassen sich in ebiger Größe aus einzelnen Boden, Deckel- und Seiten- en zusammensetzen, die durch Stahlstangen zusammen- alten werden. Ganze Verteilungsanlagen können aus die- Einzelteilen zusammengebaut werden. Trotz des Auf- es aus verschiedenen Teilen sind die Kästen abgedichtet

und entsprechen der Schutzart P 44. Eine hohe Bruchfestig- keit des Isolierstoffes wird durch Cordfasereinlage erreicht.

#### Meßtechnik

Ein interessantes Ultraschallgerät zur Untersu- chung von Werkstücken stellte Dr. J. und H. Krautkrämer, Ges. f. Elektrophysik, Köln, aus unter dem Namen „Impuls- Schallgerät“. Dieses Gerät wird von der Deutschen Bundes- bahn zur laufenden Überwachung des rollenden Materials mit Erfolg benutzt. Bei diesem Impulsschallgerät werden kur- ze Ultraschallstöße über einen Prüfkopf auf das zu unter- suchende Werkstück gegeben. Die Schallstöße werden von der Rückwand des Prüflings (oder einem etwa vorhandenen Riß) reflektiert. Der Prüfkopf empfängt die reflektierten Im- pulse, die auf dem Leuchtschirm des Gerätes sichtbar gemacht werden. Beim Nullstrich der Skala zeigen sich der Sende- impuls und weiter rechts die Echos aus dem Prüfling als Zacken. Der Rückwandimpuls erscheint an der Stelle der Skala, die der Dicke des Prüflings entspricht. Da die Skala in Längeneinheiten geeicht ist, kann man die Dicke des Prüflings direkt ablesen. Befindet sich eine Fehlstelle im Werk- stück, so erscheint auf dem Leuchtschirm zwischen Sende- und Rückwandimpuls noch ein Fehlerecho. Man kann also auch die Lage des Fehlers direkt ablesen. Das Ergebnis der Prüfung kann photographisch festgehalten werden. Eine Prüfkarte mit den Angaben über das Werkstück usw. wird hierbei mitphotographiert. Die Firma hat einen Ultraschall- Prüfdienst eingerichtet und führt Prüfungen an Ort und Stelle mit erfahrener Personal durch.

Sehr ähnlich ist das Ultraschall-Reflexions- gerät der Fa. Karl Deutsch KG. mit einem Meßbereich von 0,4 ... 4,5 m.

Siemens-Reiniger zeigte ebenfalls ein Ultraschallmeß- gerät nach dem Reflexionsverfahren.

Das Kristalloflex II von Siemens-Reiniger, ein Hochleistungs-Röntgenapparat für alle Feinstrukturunter- suchungen, fand Beachtung. In Verbindung mit den vierfen- strigen Feinstrukturrohren, die sich durch eine hohe Spektral- reinheit auszeichnen, gestattet der Apparat den gleichzeitigen Betrieb von 4 Kammern bei selbsttätiger Abschaltung jeder einzelnen Kammer durch eine eingebaute Belichtungszeit-

Schaltuhr. Die Be- triebswarnerinrichtung gibt größtmögliche Si- cherheit vor Strahlen- schäden. Beim Freige- ben der schmalen Aus- trittsöffnungen durch Hochziehen der Strah- lendeckschieber geben die Kappen dieser Schieber Warnlampen frei, die das Aus- treten von gefährli- cher Strahlung anzei- gen. Auch bei einem Ausfall dieser Warn- einrichtung kann kei- nerlei Gefährdung ein- treten, da das Gerät nach Ertönen eines akustischen Signals innerhalb 20 s selbst- tätig abschaltet.

Die unangenehme Aufgabe, Zeigeraus- schläge zur Kontakt-

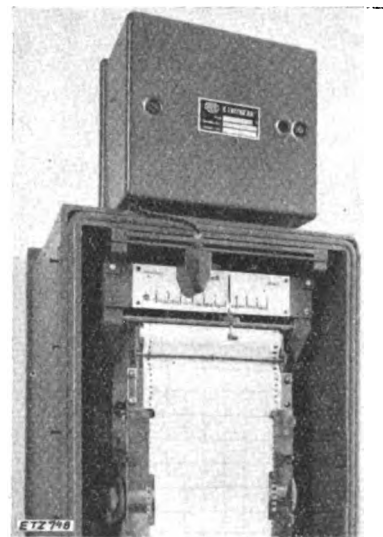


Bild 6. Photoelektrische Kontakteinrichtung zum nachträglichen Anbau an Instrumente (C. Lorenz).

gabe zu verwenden, wird von Lorenz photoelektrisch ge- löst. Ein kleiner Abtastkopf vereinigt Photozelle und Glüh- lampe auf kleinstem Raum. Das Licht fällt durch eine Schlitz- blende gegen die reflektierende Fläche unter der Photozelle. Durch das von dem Leuchtstrich reflektierte Licht entsteht in der Zelle ein Photostrom, der im angeschlossenen Ver- stärker ein Relais angezogen hält. Schattet jetzt der schwarze Zeiger den Lichtschlitz ab, so wird der Strom vermindert und das Relais fällt ab, wodurch ein Warnsignal oder eine

Steuerung ausgelöst werden kann. Der Tastkopf kann auf das Instrument aufgesetzt werden und ermöglicht eine leistungslöse Kontaktgabe des Zeigers ohne einen Eingriff. Auf dem Bild 6 ist der Abtastkopf über der Skala zu erkennen. Lichtschranken als Signalgeber wurden von mehreren Firmen teils mit weißem teils mit infrarotem Gleichlicht in Betrieb gehalten.

Das Axial-Meßgerät der Askania-Werke zeigt die Axiallage von Turbinenwellen mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,01$  mm direkt an und läßt Störungen am Blockdrucklager sofort erkennen. Wird die zugelassene Axialverschiebung überschritten, so löst das Gerät den Schnellschluß selbsttätig aus. Das Gerät wird aus dem zur Turbine gehörenden Oldruck-Kreislauf gespeist, es arbeitet unabhängig von Druck und Temperatur des Steueröles, daher zeigt es auch beim Anfahren der Turbine und bei kaltem Steueröl sofort richtig an.

Ein Dickenmeßgerät, das auf der Grundlage der Strahlenabsorptionsmessung arbeitet, hat Frieseke und Hoepfner, Erlangen-Bruck, entwickelt. Dieses Gerät kontrolliert die genaue Einhaltung der Dicke von Folien aus Kunststoff, Papier, Gummi und Metall gleich bei ihrer Herstellung, und zwar ohne das Material zu berühren. Ein künstlich radioaktiver Betastrahler von langer Halbwertszeit befindet sich auf der einen Seite des zu messenden Materials. Auf der anderen Seite bestimmt eine Ionisationskammer die vom Meßgut durchgelassene Strahlung. Die prozentuale Genauigkeit der Messung steigt schnell mit der Dicke der gemessenen Folie. Innerhalb der möglichen Genauigkeitsgrenze kann man an dem Gerät die Höchstabweichung einstellen, bei der ein Warnsignal ausgelöst werden soll. — Die Geiger-Müller-Strahlungsmeßgeräte haben sich u. a. auf medizinischem Gebiet z. B. bei der Tumordiagnostik und der Schilddrüsenbehandlung einen Platz gesichert.

Der Batterie-Innenwiderstandsmesser der Wilhelm Franz KG., Lahr, erzeugt durch einen konstanten Wechselstrom im Prüfling einen sehr kleinen Spannungsabfall, der über einen empfindlichen Verstärker angezeigt wird. Die Zuführung dieses konstanten Wechselstromes und die Abnahme der Meßspannung erfolgt über Spezialklemmen getrennt voneinander, um die bei den außerordentlich niederohmigen Meßobjekten notwendige Unabhängigkeit von den Übergangswiderständen zu erreichen. Die Meßfrequenz beträgt 50 Hz und ist einerseits genügend hoch, um keine Polarisierungseffekte hervorzurufen, andererseits aber auch noch niedrig genug, um bei dem niederohmigen Meßobjekt andere Störungseinflüsse zu vermeiden.

Das Inkavi von Hartmann und Braun ist eine kombinierte Induktivitäts- und Kapazitätsmeßbrücke zur schnellen und genauen Messung von Induktivitäten mit und ohne Eisenkern und von Kapazitäten (auch Elektrolytkondensatoren);  $tg \delta \leq 1$  ist zulässig. Das Meßgerät hat 6 Bereiche zur Messung von Induktivitäten von 0,1 mH ... 10 H und ebenso viele für die Messung von Kapazitäten von 1 nF ... 100  $\mu$ F. Der Phasenabgleicher gewährleistet durch Abgleich des Phasenwinkels eine scharfe Einstellung des Tonminimums. Eine Schätzung des Verlustfaktors ist möglich. Die eingebaute Meßstromquelle besteht aus einem betriebssicheren Unterbrechersummer mit Platin-Wolfram-Kontakten, Taschenlampenbatterie ist eingebaut, Summerfrequenz 1200 Hz.

Die Süddeutsche Apparate Fabrik SAF hat sich besonders mit piezoelektrischen Kristallen befaßt. Einen großen Raum nehmen die Germanium-Dioden ein, die wegen ihrer geringen Eigenkapazität zur Gleichrichtung von Wechselspannungen sehr hoher Frequenzen verwendet werden können. Sie besitzen bis rd. 300 MHz weitgehend frequenzunabhängige Richtwirkung und ergeben bis 1000 MHz noch eine gute Gleichrichtung.

Ein Universal-Trägerfrequenzverstärker von Dr. Staiger und Mohilo mit einem Frequenzbereich von 0 ... 12000 Hz und rd. 100000facher Verstärkung bei einem Eingangswiderstand von 0,1 ... 200 M $\Omega$  ist besonders geeignet für induktive, kapazitive und piezoelektrische Gebersysteme zur Messung von Längs- und Drehschwingungen, Beschleunigungen, Spannungen im Millivoltbereich usw. Der Verstärker hat statische Eichmöglichkeit.

Die Entwicklungsarbeiten der Fa. Vacuumschmelze, besonders an Legierungen der Permalloy-Gruppe haben die Möglichkeit gezeigt, die bisher erreichten Permeabilitätswerte noch erheblich zu überbieten. Die erreichten Verbesserungen beruhen im wesentlichen auf der Ausnutzung aller permeabilitätserhöhenden Faktoren wie sorgfältiger Rohstoffwahl, Schmelzweise, Verarbeitung und auf genau ausgeführter

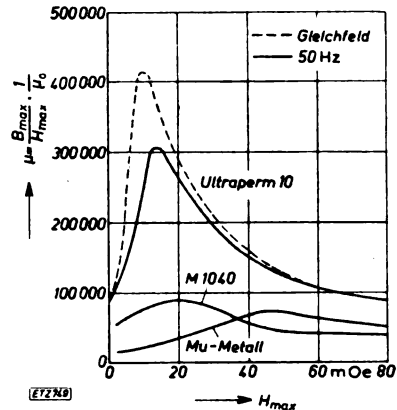


Bild 7. Permeabilität-Feldstärkekurven.

Schlußwärmebehandlung. Bild 7 zeigt für die neue Legierung Ultraperm 10 die Permeabilitätsfeldstärke-Kurven zum Vergleich mit den Kurven von Mu-Metall und M 1040. Die Ultraperm-Kurven beziehen sich auf Balkkerne von 0,05 mm Dicke. Die hohe mechanische Empfindlichkeit des Ultraperm erfordert größte Vorsicht und besondere Schutzmaßnahmen

der Handhabung und Bewicklung.

Ein Hochleistungsoszillograph der AEG mit einer Elektronenstrahlröhre mit 130 mm Schirmbilddurchmesser und einer Anodenspannung von 8 kV dient zur Aufzeichnung einmaliger kurzzeitiger Vorgänge. Zur photographischen Aufnahme ist die „Robot-Kamera“ mit einer Öffnung vorgesehen, die bei der großen Helligkeit des Bildpunktes noch Schreibgeschwindigkeiten von 500 ... 600 km/s erlauben kann.

Der von der Düsseldorfer Funkausstellung her bekannte amplituden- und frequenzmodulierte UKW-Meßsender von der Firma Rohde und Schwarz ist jetzt in neuer Form mit erweitertem HF-Bereich von 12 ... 216 MHz mit sich überdeckenden Bereichen herausgebracht worden. Eine zweite Ausführung hat einen Frequenzbereich von 3 ... 14 MHz und von 20 ... 216 MHz. Für die Amplitudenmodulation ist jetzt mit Rücksicht auf das Fernsehen der Frequenzbereich auf 0 ... 6,5 MHz erweitert worden.

**Fernmeldetechnik und Elektroakustik**

Eine Anlage für trägerfrequente Fernmessung und Telephonie nach dem Einseitenband-Verfahren führte die BBC in Betrieb vor. Das zyklisch arbeitende Fernmeßsystem gestattet, eine gegebene Bandbreite optimal auszunutzen. Auf der Sendeseite wird jeder Meßwert in ein Niederfrequenzsignal umgewandelt, dessen Tonhöhe der Größe des Meßwertes entspricht. Diese Niederfrequenzsignale werden, nachdem sie zur Modulation verwendet wurden, nacheinander übertragen und auf der Empfangsseite in meßwertproportionalen Gleichströme umgewandelt, welche synchron und lagertreu den Empfangsinstrumenten zugeführt werden. Elektronische Speicher bewirken eine kontinuierliche Anzeige. Mit Hilfe eines einzigen Meßkanals kann auf diese Weise eine Vielzahl von Meßwerten übertragen werden. Die außerordentlich kleine Zeitkonstante des Meßkanals erlaubt eine Übertragung von 8 Meßwerten/s. Die zyklische Umschaltung geschieht rein elektronisch. Die Grundausrüstung umfaßt die Schalteinrichtungen für 8 Meßkanäle und ist erweiterbar um je 8 zusätzliche Kanäle.

Zu erwähnen ist noch, daß zur Erzeugung der Träger- und Hilfsoszillatorfrequenzen in Sender und Empfänger Magnetostriktionoszillatoren verwendet werden, deren Frequenzstabilität nur noch von guten Quarzen überboten werden kann. Der Temperaturkoeffizient dieser Schwinger liegt bei  $\pm 1 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , so daß sich Thermostaten erübrigen.

Auf dem Gebiete der Fernmelde-Meßgeräte ist das Meßgerät der AEG ein völlig neuartiges Gerät, welches gestattet, Dämpfungskurven von Übertragungswegen, Reflexionsdämpfungen von Scheinwiderständen usw. in den interessierenden Frequenzbereichen in Form eines stehenden Bildes darzustellen. Gegenüber den bisherigen Meßgeräten



Bild 8. Tisch-Fernsprechapparat (S u. H).

... die nur eine punktweise Aufnahme ermöglichten, ergeben sich große Vorteile in bezug auf die erforderliche Zeit für die Aufnahme solcher Kurven sowie für die Einstellung für den Betrieb erforderlichen Charakteristik.

Telefonbau und Normalzeit zeigte auf einem reichhaltigen Stand eine große Auswahl von Alarm- und Notrufrichtungen. Die auf dem Stand eingerichtete Vermittlungsanlage arbeitete mit den neuen Fallwählern.

Bild 8 zeigt den neuen Tisch-Fernsprechapparat von S. u. H., der von der Post eingeführt wird. Der vertikal gerichtete Aufzug des Wählimpulsgebers, der in den Verteilungssämtern der Post bereits seit längerer Zeit verwendet wird, dürfte auch bei den Teilnehmern als angenehm empfunden werden, da ein Wegrutschen des Apparates beim Ziehen der Wählscheibe nicht mehr möglich ist. Die bessere Auflage des Hörers kommt einem oft gezeigten Bedürfnis entgegen. Hierdurch erübrigt sich eine mechanische Verformung des Impulsgebers bei aufgelegtem Hörer.

Labor W von Dr. Sennheiser, Wennebostel, zeigte eine Reihe von Geräten für das Tonfrequenzgebiet, die sowohl in technischer Beziehung als auch rein äußerlich als vorbildlich zu bezeichnen sind. Die Kofferübertragungslage, die bereits auf der Düsseldorfer Funkausstellung gesehen war und eine 15 W Übertragungsanlage mit sämtlichem Zubehör enthält (2 eingebaute 8 W-Lautsprecher, genannt verwendbar; 15 W Verstärker, Mikrofon, Saalregler, etc.), dürfte einem bestehenden Bedürfnis nach guten leicht transportablen Übertragungsanlagen Rechnung tragen. — Eine neue von der gleichen Firma entwickelte geschirmte Mikrofon-Eingangübertrager für die viel verwendeten niederohmigen Mikrophone könnte als Schlaube bezeichnet werden. Die Entwicklung der Mikrophoneingangübertrager dürfte mit dieser Ausführungsform endgültig zum Abschluß gebracht sein. Der in einem Elektrolytbe-

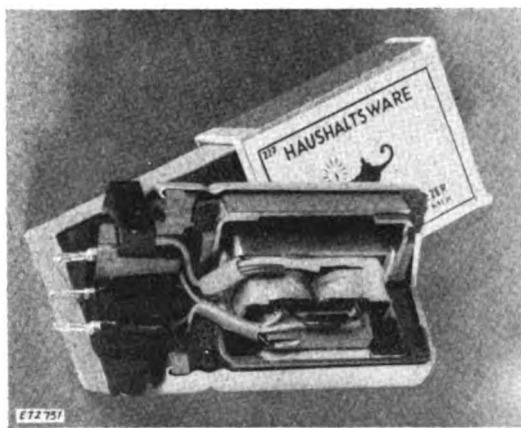


Bild 9. Mikrofon-Eingangübertrager (Labor W).

cher untergebrachte symmetrische Mu-Metallkern ist in Gummi gelagert, um den Mikrophoneffekt zu vermeiden. Die Anschlüsse liegen jetzt unter dem Chassis und gestatten kurze Leitungsführung zum Gitter. Reststörkompensation kann durch Drehung des Bechers bequem vorgenommen werden, ohne daß eine Montagearbeit nötig wäre. Der Frequenzgang des Übertragers ist ab 30 Hz bis über den Tonfrequenzbereich hinaus praktisch geradlinig (Bild 9). Ein 15 W-Mischverstärker, ein 15 W-Photozellenverstärker und eine 80 W-Endstufe fielen durch kleine Bauform, technischen Komfort und einfache Bedienung auf.

Kristalltrioden wurden zum erstenmal im Handel lieferbar als deutsches Erzeugnis von Dr.-Ing. R. Rost, Hannover, gezeigt. 10 ... 30fache Verstärkung, Größe: kleiner Rollkondensator.

Beachtung fand das tragbare UKW-Klein-Funk-sprechgerät von der Firma Lorenz, das wie eine größere Kamera aussieht. Das Gerät hat eine Empfindlichkeit von  $1 \mu\text{V}$  und kann wahlweise auf 3 Frequenzen im Bereich von 30 ... 170 MHz betrieben werden. Bestückung: 21 Subminiaturröhren, Reichweite: je nach Gelände bis 5 km. Für derartige Geräte dürfte ein großes Verwendungsgebiet gegeben sein.

Die Fa. Dr.-Ing. G. Kamphausen, Berlin-Charlottenburg, zeigte neben Röhrenvoltmetern verschiedener Ausführung Meßgeräte für das Träger-Frequenz- und Drahtfunkgebiet; u. a. einen selektiven Pegelmessgerät von 10 bis 310 kHz zum selektiven Messen von Pegeln und Klirrdämpfungen bei Trägerfrequenzsystemen und Drahtfunkanlagen.

Der Drahtfunk-Meßkoffer von dieser Firma für Batteriebetrieb dient zur Einrichtung und Überwachung von trägerfrequenten Drahtfunkanlagen und ermöglicht während des Betriebes die Spannungsmessung der einzelnen Träger an beliebigen Pegelpunkten.

Für die Tonfrequenzmessungen wurden von der dänischen Firma Brüel und Kjaer hochwertige Prüfgeräte gezeigt. Ein Frequenzkurvenschreiber für den Tonfrequenzbereich ermöglicht auf oszillographischem Wege das Durchmessen von Vierpolen. Zusätzlich gestattet eine zu 30% modulierte Frequenz von 1 MHz die Untersuchung des HF-Teil-Einflusses auf die NF von Rundfunkempfängern.

# Die kraftwirtschaftliche Ausbeutung des Ribagorzana-Gewässersystems

Von P. Leuthold Lecuona, Madrid

DK 621.311

**Übersicht.** Ende 1946 wurde die INI-Tochtergesellschaft ENHER gegründet, um das Flußgebiet des Noguera-Ribagorzana für die Erzeugung elektrischer Energie auszubauen. Die im Zeitabschnitt von 8 Jahren zu errichtende Kraftwerksgruppe wird eine Gesamtleistung von 383 MVA aufweisen, wobei die Stromausbeute 1,14 TWh<sup>1</sup> jährlich betragen soll. Die Bedeutung dieses Projektes, dessen Durchführung vor einigen Jahren begann, läßt es angebracht erscheinen, hierüber zu berichten. Die Beschreibung beschränkt sich nur auf die wesentlichsten Punkte, soweit sie dem deutschen Leser einen generellen Überblick über den Umfang des Bauvorhabens verschaffen.

## I. Allgemeines

Die katalonische Region wird von den vier Provinzen Barcelona, Gerona, Lérida und Tarragona gebildet. Ihre wirtschaftliche Bedeutung geht aus der regen Industrie- und Handelstätigkeit hervor, welche charakteristisch für diesen Teil Spaniens ist. Die Beteiligung Kataloniens an der spanischen Elektrizitätsversorgung zeigt Tafel 1.

Tafel 1. Stromerzeugung 1949.

	Fläche km <sup>2</sup>	Wärmeleistung GWh <sup>1</sup>	Wasserleistung GWh <sup>1</sup>	Gesamt GWh <sup>1</sup>
Spanien	505 152	1827,8	4158,1	5985,9
Katalonien	32 196 6,38 %	375,4 20,54 %	674,3 16,22 %	1049,7 17,54 %

Der spezifische Stromverbrauch aus der öffentlichen Stromerzeugung für das Jahr 1949 schwankte in Spanien von 31,18 kWh/Einwohner für die Provinz Badajoz bis 1075,95 kWh/Einwohner für die Provinz Guipúzcoa und erreichte für das ganze Land im Mittel 232,43 kWh/Einwohner. Katalonien selbst weist einen Wert von 322 kWh/Einwohner auf, was für eine überdurchschnittliche wirtschaftliche Entwicklung und hohen Lebensstandard für spanische Verhältnisse spricht. Zu Vergleichszwecken seien die entsprechenden Verbrauchszahlen anderer europäischer Länder in Tafel 2 aufgeführt:

Tafel 2. Verbrauch europäischer Länder 1948.

Schweiz	1873 kWh/Einwohner und Jahr
Großbritannien	815 kWh/Einwohner und Jahr
Frankreich	611 kWh/Einwohner und Jahr
Deutsche Bundesrepubl.	578 kWh/Einwohner und Jahr
Portugal	94 kWh/Einwohner und Jahr

Die Entfaltung des gesamten Wirtschaftslebens Kataloniens ist durch die unzulängliche Energieerzeugung seit nahezu einem Jahrzehnt besonders hart getroffen. Sowohl dem privaten Unternehmertum als auch dem spanischen Staate ist der Bau umfangreicher Stromerzeugungszentren zu verdanken<sup>2</sup>.

## 2. Die projektierte Nutzung im Einzugsgebiet des Ribagorzana-Flusses

Die Empresa Hidroeléctrica del Ribagorzana (ENHER.) ist Konzessionsträger für den rationellen Ausbau der Wasserkräfte dieses Flusses und seiner Seitenarme. Im Bild 1 ist der Lageplan des Einzugsgebietes sowie der in ihm zu erstellenden Kraftwerke und Anlagen wiedergegeben, auf die weiter unten eingegangen werden soll. Es handelt sich um eine außerordentlich unwegsame Gegend, die bis zu 3000 m Höhe in den Pyrenäen erreicht. In seinem Oberlauf wird der Noguera-Ribagorzana von Gletschern und häufigen Schneefällen, im weiteren Stromverlauf von zahlreichen Bächen und Flüssen gespeist. Der bedeutendste Zustrom ist der Noguera de Tor, dessen Quelle in einer seen- und gletscherreichen Region liegt.

Das durchzuführende Projekt gründet sich auf die günstigen hydrologischen Verhältnisse. Das Einzugsgebiet umfaßt eine Fläche von 2 036,6 km<sup>2</sup>. In der für den Wasserhaushalt entscheidenden oberen Zone kann mit einer mitt-

leren Niederschlagsmenge von 1800 l/m<sup>2</sup> im Jahr gerechnet werden. Im Mittel der Jahre strömen 756,4 Mio. m<sup>3</sup> Wasser den Flußlauf herunter. In den Bergseen, deren Speichervermögen durch Staumauern an den Abflußstellen erhalten werden sollen, sowie in den anzulegenden Staubecken wird eine Wasserreserve gebildet, die mit 620 Mio. m<sup>3</sup>, entsprechend 410 GWh geeignet ist, auch trockene Jahre zu überbrücken. Diese vorteilhaften Vorbedingungen für die Anlage von Wasserkraftwerken bedingen, daß die Jahreswasserkurven, im Vergleich zu anderen Flüssen, eine regelmäßige Wasserführung aufweisen. Bei einer mittleren Wassermenge von etwa 756,5 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr und bezogen auf den Mittellauf, beträgt die Geringstwassermenge in den Monaten Januar und Februar etwa das 0,7fache, während das Hochwasser (Mai/Juni) selten über das 1,9fache Jahresmittel anschwillt.

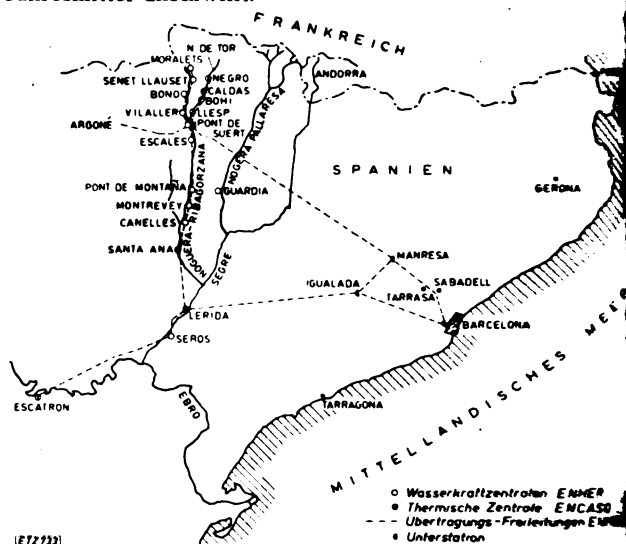


Bild 1. Lageplan des Einzugsgebietes des Flusses Noguera-Ribagorzana mit den zu erstellenden Kraftwerken und den geplanten 132 kV-Freileitungen.

Es gilt nun, diese nach Menge und Gefälle sehr bedauernden Wasserkräfte rationell nutzbar zu machen. Hierzu soll eine Reihe hintereinander liegender Wasserkraftwerke ausgebaut werden (Bild 2). Die im Oberlauf geplanten Zentren sind z. T. für den Betrieb als Jahresspeicherwerke vorgesehen, wobei ihnen in den Bergseen ein großes natürliches Ausgleichsbecken zur Verfügung steht. Die Ermöglichung der für die Laufwasserkraftwerke wirtschaftlich notwendigen Ausnutzung der anfallenden Wassermassen durch ein Maximum von 1,1 der mittleren Jahresmenge ergibt im Mittellauf überwiegend die Speicherwerke. Das vorhandene gesamte Gefälle und die zu verarbeitende Wassermenge wird im Mittel eine jährliche Energieerzeugung der Zentralentrepe von 1 140 GWh gestatten.

## 3. Für die Projektierungsarbeiten maßgebende Gesichtspunkte

Eine Reihe Erwägungen grundsätzlicher Art haben die Planungsarbeiten entscheidend beeinflusst. Es seien hier nur die wichtigsten Punkte wiedergegeben: das vorhandene natürliche Gefälle sollte soweit wie möglich für die Stromgewinnung erfaßt werden.

Um eine gute Regelung der verfügbaren Wassermenge vorzunehmen und somit einen gewissen Ausgleich der Auswirkungen verschiedener hydraulischer Jahre zu erreichen, wird ein großes Stauvolumen angestrebt. Die Zahl der zu errichtenden Kraftwerke soll so niedrig gehalten werden, wie es mit einer rationellen Ausbeutung der vorhandenen

<sup>1</sup> 1 TWh = 10<sup>9</sup> kWh, 1 GWh = 10<sup>6</sup> kWh.

<sup>2</sup> P. Leuthold Lecuona: Heutiger Stand der spanischen Elektrizitätswirtschaft. Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) S. 342.



Möglichkeiten zu vereinbaren ist, damit die aufzuwendenden Geldbeträge für den Bau und den späteren Betrieb der Kraftwerkskette wirtschaftlich vertretbar sind. Für die zu errichtenden Zentralen sollen möglichst diejenigen Stellen ausgesucht werden, wo der erforderliche Bau von Brücken, Straßen usw. auf ein Mindestmaß beschränkt bleibt oder zumindest eine Ausweitung des vorhandenen Verkehrsnetzes in der Zukunft zu erwarten ist. Das gesamte System soll in seinem Betrieb möglichst anpassungsfähig sein, um den Leistungsanforderungen genügen zu können.

**VI. Die baulichen Anlagen**

Auf Grund der kurz angeführten Überlegungen und der vorliegenden Verhältnisse wurde ein Ausbauplan aufgestellt, über welchen Tafel 3 orientieren soll.

In Bild 2 ist der Ausbau des Gewässersystems des Ribagorzana schematisch wiedergegeben. Außer mit dem Bau von Zufahrtstraßen, Brücken, Wohnsiedlungen für das Personal, einer Zementfabrik u. a. Hilfsanlagen wurde sofort mit der Errichtung derjenigen Stufen begonnen, die aufgrund ihrer Nähe an bereits vorhandenen Verkehrswegen leichter in Angriff zu nehmen waren. Es handelt sich hierbei um die Kraftzentralen Senet, Bono, Vilaller, Llesp und Pont de Suert. Nach den ersten beiden Jahren, in denen unter anderem auch die Landstraße Pont de Suert — Escalles entstand, begannen die Arbeiten ebenfalls an der Staumauer für das Kraftwerk Escalles, dessen 3 Generatoren die engli-

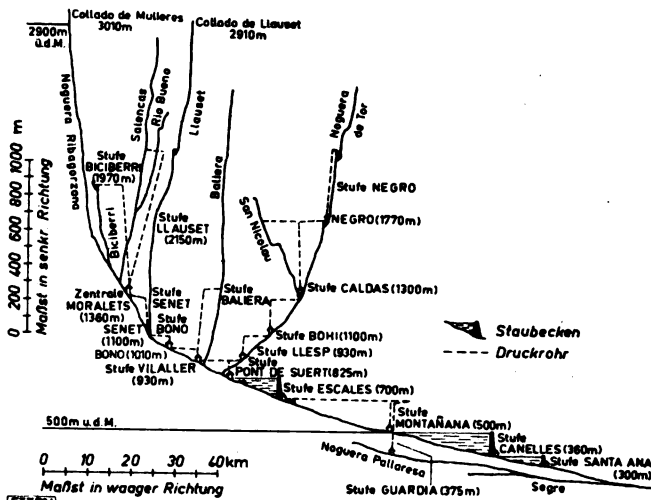


Bild 2. Schematische Darstellung des Ausbaues der Wasserkräfte des Noguera-Ribagorzana und seiner Nebenflüsse. (Die eingeklammerten Zahlen geben die ungefähre Höhenlage ü. M. an).

sche Firma Metropolitan Vickers lieferte. Ende 1950 nahm das Werk Senet die Stromerzeugung auf. In den Stufen Bono, Vilaller und Llesp sind die Arbeiten sehr fortgeschritten. Die Bautätigkeit in Pont de Suert ist ebenfalls reger.

Die jährlichen Zugänge an elektrischer Arbeit werden sich nach dem vorgesehenen Plan für die Inbetriebnahme der einzelnen Kraftwerke etwa wie folgt entwickeln:

Tafel 3. Ausbauplan für die kraftwirtschaftliche Erfassung der Wasservorkommen im Einzugsgebiet des Ribagorzana.

Stufe	Stauraum 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Reserven GWh	Bruttogefälle m	jährl. Arbeitsvermögen GWh	Kraftwerksdaten		Vorgesehene Termine für die Vervollendung
					Wassermenge m <sup>3</sup> /s	Ausbauleistung MVA	
Nicolau-Seen	9,2	26,94					
Caldas			435	97,2	8,0	35,8	Juni 1955
Zuleitung von Esprit Caballers-See	5,5	16,11					
Negro	13,0	48,28	385	20,8	3,5	14,0	Dez. 1958
Bohi			189	78,8	10,0	19,1	Dez. 1953
Llesp			146	66,8	10,5	15,5	Dez. 1951
Biciberri	1,5	5,06	613	14,4	1,0	6,1	Dez. 1957
Llausest							
Zuleitung Llausest-See	10,0	37,64					
Zuleitung Calencas-Rio Bueno			804,5	57,4	2,8	23,3	Okt. 1954
Pont de Suert							
Zuleitung Llausest			217	51,6	5,0	10,8	Dez. 1950
Zuleitung Ribagorzana							
Bono			82	19,7	6,0	4,7	Apr. 1951
Vilaller			76	22,5	7,0	5,4	Aug. 1951
Baliera			416	30,2	1,5	6,0	Dez. 1957
Pont de Suert							
Zuleitung Baliera			90,6	86,9	21,0	19,5	Apr. 1952
Zuleitung Ribagorzana							
Zuleitung Tor							
Escalles	119,3	139,92	102,5	131,2	39,0	45,0	Aug. 1953
Guardia			302	302,9	26,0	80,0	Dez. 1955
Canelles	320,0	118,72	121,5	112,6	68,0	86,6	Dez. 1957
Santa Ana	142,1	17,48	60,3	47,5	16,0	11,2	Dez. 1954
<b>Gesamt</b>	<b>620,6</b>	<b>410,15</b>		<b>1140,5</b>		<b>383,0</b>	<b>Ende 1958</b>

Tafel 4. Erwarteter Zugang an elektrischer Arbeit.

Jahr	1951	1952	1953	1954	1955
Zugang (GWh)	44,1	92,2	74,7	188,0	105,7
Bestand (GWh)	—	—	—	—	—
Gesamt (GWh)	595,3	—	175,9	—	65,9

**V. Fortleitung der gewonnenen Energie und Zusammenschluß mit Wärmekraftwerk Escatron**

Im katalonischen Freileitungssystem sind die Betriebsspannungen von 110 und 132 kV für die Fernübertragung des elektrischen Stromes vorherrschend. Aus diesem Grund und anderen Erwägungen wirtschaftlicher Art wurde für die Fortleitung der im Einzugsgebiet des Ribagorzana gewonnenen Energie die Übertragungsspannung auf 132 kV festgelegt. Die Freileitungen sind als Doppelleitungen für eine Übertragungsleistung von je 100 MW geplant und werden auf Stahlgittermasten mit drei Auslegern und übereinander angeordneten Phasenseilen verlegt (Bild 3). Für den Blitzschutz sind zwei Erdseile vorgesehen.

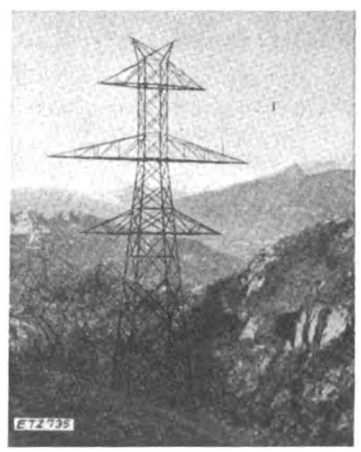


Bild 3. Stahlgittermast der 132 kV-Doppelleitung für 100 MW.

Die aus den Kraftwerken des oberen Einzugsgebietes des Ribagorzana kommenden Freileitungen sollen in Pont de Suert zusammengeschlossen und dann

über Collado de Comiols, Calaf, Manresa, Tarrasa und Sabadell nach Barcelona weitergeführt werden, wie aus Bild 1 hervorgeht. Um bis zur Fertigstellung der Ribagorzana-Kraftwerkskette die Versorgung Kataloniens mit elektrischem Strom schon zu verbessern, wurde bereits eine 132 kV-Verbindungsleitung errichtet, welche die Überleitung elektrischer Kraft aus dem Energiesystem Zentrum-Norden nach dem von Katalonien ermöglicht<sup>3</sup>. — Wie jedes Gewässersystem, so weisen auch der Ribagorzana und seine Seitenarme eine ungleichmäßig über das hydraulische Jahr verteilte Wasserführung auf. Die Möglichkeit einer komplementären Stromerzeugung thermischen Ursprungs, um Trockenjahre überwinden zu können, ist deshalb auch im Ausbauplan berücksichtigt, zumal durch die Schwestergesellschaft ENCASO und ihrer 125 MVA-Wärmeleistungszentrale Escatrón die Lösung dieser Frage gegeben war. Um nun dieses Kraftwerk mit dem Ribagorzana-System zusammenschalten zu können, wird von Pont de Suert eine zweite 132 kV-Doppelleitung abzweigend, welche die Stromerzeugung der unterhalb von Pont de Suert gelegenen Kraftwerke nach Barcelona über Lérida übertragen wird. In Lérida wird dann die Zentrale Escatrón zugeschaltet.

<sup>3</sup> Bau einer neuen Verbindungsleitung in Spanien. Der Elektrotechniker 2 (1950) S. 56.

Für den Verbrauch der neugewonnenen Energie werden in erster Linie die im Ribagorzana-Gebiet noch zu schaffen den chemischen Großindustrien in Betracht kommen. Ferner ist die Konzessionsbedingung zu beachten, wonach 25% der erzeugten elektrischen Arbeit für die Bedürfnisse des Staates sowie seines Nationalinstitutes für Industrie (INI) zu reservieren sind. Im übrigen bietet die katalonische Region glänzende Absatzmöglichkeiten für die restlichen Energiemengen dank ihrer weiterschreitenden Industrialisierung.

#### VI. Kapitalaufwand

Auch die erforderlichen Beträge, um die bis zur Vollerzeugung der Nutzbarmachung des Ribagorzana-Einzugsgebietes entstehenden Anlagekosten zu decken, zeigen den Umfang dieses Projektes und das große Interesse, das der spanische Staat ihm entgegenbringt. Bis Ende 1949 waren bereits 204,8 Mio. Pts. investiert worden. Nach sorgfältiger Schätzung muß noch ein Kapitalaufwand geleistet werden, der mit mehr als 1 600 Mio. Pts. beziffert werden kann, bis in etwa 9 Jahren die Wasservorkommen im Gewässersystem des Ribagorzana voll ausgebaut sind und somit ein sicherer und entscheidender Fortschritt in der Elektrizitätsversorgung Spaniens erzielt wird.

Am Schluß möchte der Verfasser Herrn R. Antas Peña (ENHER) seinen Dank für die wertvolle Unterstützung sagen, die diesen Bericht ermöglicht hat.

## Ein neues Meßgerät für Netzoberwellen

Von Wilhelm Wilschhaus, Hamm (Westf.)

DK 621.317.013

**Übersicht.** Es wird ein Meßgerät beschrieben, das die schnelle Bestimmung des Oberwellenanteiles von Spannungen und Strömen bei Gleich- und Wechselstrom gestattet.

Von jeher ist in der Elektrizitätsversorgung dem Oberwellenproblem besondere Beachtung geschenkt worden. Deshalb wurde ein handliches Oberwellen-Meßgerät für Prüffeld, Labor und Betrieb entwickelt, das geringes Gewicht mit einfacher Bedienung bei direkter Ablesbarkeit des Meßergebnisses vereinigt.

Grundsätzlich kommen hierfür folgende Meßmethoden in Frage: 1. Brückenverfahren, 2. Aussiebungsmethode, 3. Suchtonverfahren.

Die verschiedenen Arten der Frequenzbrücken [1, 2, 6] weisen im allgemeinen den Nachteil auf, daß sie sich infolge ihrer Einwelligkeit nur auf eine einzige Frequenz abstimmen lassen, während die übrigen Frequenzen die Meßdiagonale passieren. Sie eignen sich deshalb in manchen Fällen besser zur Messung des Klirrfaktors.

Das Verfahren der Aussiebung bestimmter Frequenzen mit Resonanzkreisen hat unbeschadet seiner Eignung für stationäre Oberwellenmesser mit registrierendem Meßgerät den für leichte Ortsveränderlichkeit gravierenden Nachteil, daß für jede Frequenz ein besonderer Resonanzkreis mitge-

führt werden muß. Auch ist die Genauigkeit der Messung wegen des Einflusses benachbarter Frequenzen nicht allzu hoch, selbst wenn z. B. der Saugkreis für die  $n$ te Oberwelle gleichzeitig als Sperrkreis gegen die  $(n-1)$ te Harmonische ausgebildet ist.

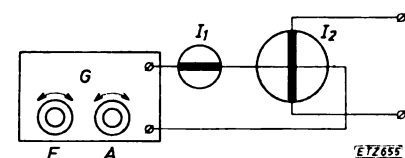


Bild 2. Prinzipschaltung des Oberwellen-Meßgerätes.

Das im vorliegenden Suchtonverfahren [3,7] kann in verschiedenen Modifikationen ausgeübt werden. Es besteht im Grunde darin, eine variable Hilfsfrequenz

so einzustellen, daß sie mit der gesuchten Frequenz zusammen eine nach Größe und Frequenz meßbare Wirkung ergibt. Die im vorliegenden Gerät (Bild 1) verwendete, als sich nicht unbekannt [4] Methode, die in Bild 2 erläutert wird, beruht darauf, daß der Spannungspfad eines elektrodynamischen Wattmeters  $I_2$  mit dem von einem Generator  $G$  erzeugten, nach Frequenz und Amplitude (Drehknöpfe  $F$  und  $A$ ) veränderbaren „Suchton“ beschickt wird, während der Strompfad, der gegebenenfalls ebenfalls als Spannungspfad ausgebildet sein kann, von dem zu untersuchenden Frequenzgemisch durchflossen ist. Auf den Zeiger des Wattmeters wird dann ein Drehmoment ausgeübt, das dem Produkt aus den in beiden Pfaden fließenden Strömen und dem  $\cos$  ihres Phasenverschiebungswinkels proportional ist. Ein Ausschlag erfolgt also nur, wenn beide Ströme frequenzgleich sind, und der Maximalausschlag tritt nur ein, wenn beide gleiche Phasenlage besitzen. Um gemäß der oben genannten Beziehung Rückschlüsse auf die Amplitude der betr. Harmonischen des zu untersuchenden Stromes ziehen zu können muß zunächst der den Spannungspfad durchfließende Strom bekannt und konstant sein; er wird deshalb durch das Instrument  $I_1$  kontrolliert. Die Phasenverschiebung Null erkennt man am besten daraus, daß man die Suchfrequenz ein wenig ( $1/5 \dots 1/20$  Hz) kleiner oder größer als die zu untersuchende Frequenz macht. Dann treten Schwebungen auf, die in langsamen Pendelungen des Wattmeters ihren Ausdruck finden. Der Höchstausschlag kennzeichnet die Gleichheit der Phasenlage, so daß er ein Maß für den im Strompfad fließenden Strom abgibt.



Bild 1. Ansicht des Oberwellen-Meßgerätes.

Die praktische Ausführung eines Oberwellen-Meßgerätes nach dem vorstehend aufgeführten, grundsätzlich einfachen Verfahren erfordert noch einige besondere Maßnahmen, um Meßfehler zu verhindern und die verschiedenen Einzelrichtungen an den vorliegenden Verwendungszweck anzupassen. Als Suchtongenerator kann jeder nach Frequenz und Amplitude regelbare Wechselspannungsgenerator verwendet werden, demnach auch ein rotierender Generator. Mit Rücksicht auf die leichte Transportfähigkeit des Gerätes sowie auf einfache Einstellbarkeit der Frequenz wurde eine Röhrenschialtung vorgesehen, an die folgende Forderungen zu stellen waren: 1. weitgehende Klirr- (Oberwellen-) Freiheit, 2. weitgehende Unabhängigkeit der erzeugten Frequenz und Spannung von der Betriebsspannung, 3. stetige Veränderbarkeit der erzeugten Frequenz zwischen etwa 45 und 250 Hz (25. Harmonische) in wenigen Teilbereichen.

Normale Rückkopplungsgeneratoren mit LC-Gliedern scheitern aus folgenden Gründen aus: 1. der Klirrfaktor liegt bei diesen Generatoren ziemlich hoch, etwa bei 2 ... 3%, während er bei gewissen RC-Generatoren nur 0,5 ... 1% beträgt, 2. die erzeugte Frequenz eines LC-Generators ist im Wesentlichen proportional  $\sqrt{1/LC}$ , während diejenige eines RC-Generators proportional  $1/RC$  ist. Für die Frequenz 50 Hz benötigt man z. B. im ersten Fall 2,5 H und 4  $\mu$ F, im zweiten rd.  $10^6 \Omega$  und 500 pF. Im ersten Fall ist eine stetige Regelung, die wegen der erforderlichen Frequenzangleichung zwischen Such- und Meßfrequenz nicht zu umgehen ist, nur durch umständliche Maßnahmen durchführbar, während im zweiten Fall ein normaler Drehkondensator von 500 pF eine stetige Regelbarkeit von 45 ... 275 Hz im einen und von 200 bis 1400 Hz im zweiten Meßbereich gestattet.

Aus diesen und weiteren Gründen wurde als Suchtongenerator ein Multivibrator [5, 8] in der Schaltung nach Bild 3 gewählt. Er besteht aus den zur Schwingungserzeugung verwendeten beiden Fünfpolröhren  $V_1$  und  $V_2$  (2XEF 12) und der Verstärkerröhre  $V_3$  (EL 11), die die für den Spannungspfad des Wattmeters erforderliche Leistung liefert. Das frequenzbestimmende Glied liegt zwischen  $V_2$  und  $V_1$ ; es ähnelt einer Wienbrücke, deren Speisepunkte zwischen der Gitter- und Kathode der Röhre  $V_2$  und der Masse, deren Diagonalepunkte die Gitter und Kathode von  $V_1$  liegen. Die durch ein derartiges Glied hervorgerufene Rückkopplung erzeugt bei richtiger Brückenabgleichung Wechselspannungen mit kleinstem Klirrfaktor und ausgezeichneter Stabilität der Frequenz. — Die Amplitude wird durch den Widerstand  $P$ , die Frequenz durch den Doppeldrehkondensator  $C$ , die Bereichumschaltung durch die mechanisch gekoppelten Schalter  $S_1$  und  $S_2$  geregelt.

Der Oberwellengehalt des Generators könnte in doppelter Hinsicht einen Meßfehler verursachen. Zuerst wird durch ihn die Amplitude der jeweiligen Generatorgrundwelle verkleinert. Dieser Umstand ist unerheblich, da z. B. drei beliebige Oberwellen in der Größe von je 5% der Generatorspannung den Grundwellengehalt nur um etwa 4% herunderdrücken. Zweitens kann jede Oberwelle der Generatorspannung im Zusammenwirken mit einer frequenz-

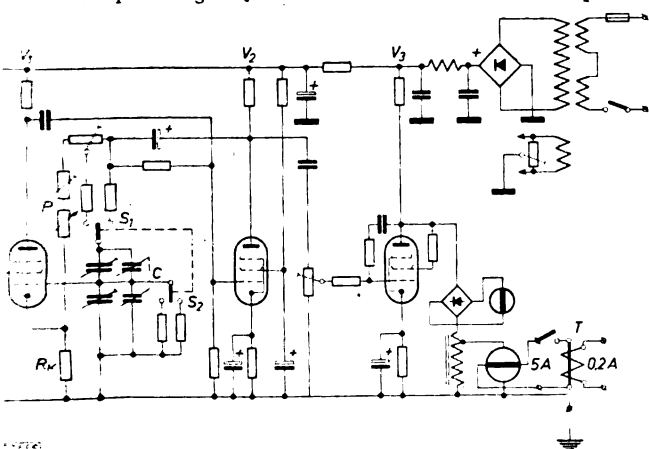


Bild 3. Schaltbild des Oberwellen-Meßgerätes.

gleichen Oberwelle des zu untersuchenden Stromes ein zusätzliches, je nach Zuordnung positives oder negatives Drehmoment im Wattmeter erzeugen. Bei der hier vorhandenen Geringfügigkeit des Generatorklirrfaktors (0,5 ... 1%) ist dies bedeutungslos, selbst wenn man den höheren dieser Werte zugrundelegt und den praktisch unmöglichen Grenzfall annimmt, daß nur eine einzige Harmonische diesen Klirrfaktor bilde, da der Fehler bei einer zu messenden Oberwelle von z. B. sogar 50% immer nur  $\pm 0,01 \cdot 0,5 = 0,005$ , d. h. 0,5% betrüge.

Besondere Sorgfalt war den frequenzbestimmenden Schaltungsteilen zu widmen, von denen verlangt werden muß, daß sie eine konstante Phasendrehung über lange Zeiträume aufrechterhalten, und daß Temperaturänderungen und Röhrenwechsel keinen Einfluß haben dürfen. Schwankungen der Betriebsspannung von  $\pm 15\%$  haben einen unterhalb 0,5% bleibenden Einfluß auf die erzeugte Frequenz. Sie wirken lediglich auf die (nachregelbare) Amplitude der Schwingungen ein, jedoch ist durch Gegenkoppelung dieser Einfluß klein gehalten. Nur bei sehr schnellen Schwankungen, wie sie z. B. durch den Betrieb von Schweißtransformatoren hervorgerufen werden, wird die genaue Einstellung des Instruments  $I_1$  durch Zuckungen etwas erschwert. Die Vorschaltung eines Spannungsgleichhalters läßt diese jedoch verschwinden. Im übrigen dient die Frequenzskala nur dazu, die zu untersuchende Harmonische schnell zu finden, so daß die Genauigkeit der Frequenzzeichnung von untergeordneter Bedeutung ist. Bei der höchsten mit dem Gerät meßbaren Oberwelle, nämlich der 25., beträgt der Spielraum zu den benachbarten Harmonischen 4%. Eine mögliche Abweichung von  $\pm 1\%$  ist demnach belanglos.

Um das Gerät nicht nur für Strom-, sondern auch für Spannungsuntersuchungen verwendbar zu machen, wurde ein Stromwandler  $T$  (Bild 3) eingebaut, der gestattet, über passend bemessene Vorwiderstände unmittelbar Spannungen auf ihren Oberwellengehalt zu prüfen. Hierbei muß ein Kompromiß geschlossen werden zwischen der Forderung nach möglichst geringer Meßleistung, also hohem Übersetzungsverhältnis, einerseits und dem höchstzulässigen Fehler, der insbesondere bei höherer Ordnungszahl der Harmonischen durch die mit dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses übertragene Induktivität des Wattmeter-Strompfades auf die Primärseite des Wandlers infolge ihrer vektoriellen Zusammensetzung mit dem Vorwiderstand entsteht, und der umso größer ist, je kleiner der Vorwiderstand und damit die Meßspannung ist. Die frequenzabhängigen Verluste des (Nickel-)Wandlers sind dabei bis 1300 Hz vernachlässigbar klein.

Es ist nun

$$Z_{50} = \sqrt{R^2 + X_{50}^2}, \quad Z_n = \sqrt{R^2 + X_n^2},$$

worin  $R$  der Wirkwiderstand von Strompfad und Wandlersekundärwicklung,  $X_{50}$  der Blindwiderstand des Strompfades bei 50 Hz und  $n$  die Ordnungszahl der gemessenen Oberwelle ist. Durch Messung wurde ermittelt, daß bei 50 Hz der Blindwiderstand des Strompfades gegenüber dem ohmschen Widerstand unter Berücksichtigung der vektoriellen Zusammensetzung vernachlässigbar ist ( $X_{50} = 8,32 \cdot 10^{-3} \Omega$ ,  $R = 0,152 \Omega$ ). Da die Ströme sich bei Konstanz der angelegten Spannung umgekehrt verhalten wie die Widerstände, folgt aus den obigen Gleichungen:

$$\frac{X_n}{R} = \sqrt{(I_{50}/I_n)^2 - 1}.$$

Wird auf der Eingangsseite der Vorwiderstand  $R_v$  vorgeschaltet, worin auch der ohmsche Primärwiderstand der Wandler einbegriffen sei, so ergibt sich der Korrekturfaktor aus

$$K = \sqrt{\frac{(R_v + \ddot{u}^2 R)^2 + \ddot{u}^4 X_{50}^2 n^2}{(R_v + \ddot{u}^2 R)^2 + \ddot{u}^4 X_{50}^2}},$$

woraus unter Vernachlässigung von  $\ddot{u}^4 X_{50}^2$  gegen  $(R +$

$\ddot{u}^2 R)^2$  wird:

$$K = \sqrt{1 + \frac{\ddot{u}^4 X_{50}^2 n^2}{(R_V + \ddot{u}^2 R)^2}}$$

Für kleine Fehler  $F$  kann man mit großer Annäherung

$$F = \frac{1}{2} \frac{\ddot{u}^4 X_{50}^2 n^2}{(R_V + \ddot{u}^2 R)^2} \cdot 100 \text{ [‰]} \text{ setzen.}$$

Der Vorwiderstand  $R_V$  ermittelt sich aus der Gleichung

$$U = \frac{I_{50}}{\ddot{u}} (R_V + \ddot{u}^2 R)$$

bei sinusförmiger Spannung.

Aus den beiden letzten Gleichungen ergibt sich unter Zugrundelegung einer kleinsten Meßspannung von  $U = 100 \text{ V}$ , eines für  $5 \text{ A}$  ausgelegten Wattmeter-Strompfades und der ermittelten Werte für  $X_{50}$  und  $R$  ein höchstzulässiges Übersetzungsverhältnis von 1:25,5, wenn für die 25. Harmonische ein Fehler von ca. 3,5% des Meßwertes zugelassen wird. Es wurde deshalb das Übersetzungsverhältnis 1:25 mit einem Eingangstrom von  $0,2 \text{ A}$  gewählt.

Mit den so ermittelten Werten läßt sich für jeden Vorwiderstand bzw. für jeden Spannungs-Nennwert der Korrekturfaktor errechnen:

$$K = \sqrt{1 + 1,08 (n/U)^2}$$

Die Werte hierfür sind in Bild 4 als Funktion der Spannung mit der Ordnungszahl der Harmonischen als Parameter niedergelegt. Stehen größere Meßleistungen zur Verfügung, so kann der Fehler durch einen Wandlerersatz vermindert werden, der 3 Wandler mit den Übersetzungsverhältnissen 5/2,5, 5/1 und 5/0,5 A enthält. Werden die 5 A-Klemmen über einen entsprechend bemessenen Vorwiderstand ohne Zwischenschaltung eines Wandlers an die zu untersuchende Spannung gelegt, so wird bei allen Spannungen oberhalb  $10 \text{ V}$  praktisch fehlerfrei gemessen.

Als Spannung  $U$  gilt diejenige Spannung, für die der (konstante) Vorwiderstand bemessen ist. Falls ein Regelwiderstand an Stelle eines Festwiderstandes verwendet wird, ist mit einer annähernd sinusförmigen  $50 \text{ Hz}$ -Spannung der Vorwiderstand so einzuregulieren, daß Vollausschlag oder bei halber Spannung ein Ausschlag von 50% eintritt. Diese Einstellung darf während der folgenden Untersuchungen an der gleichgroßen, oberwellenhaltigen Meßspannung nicht geändert werden.

Für diejenigen Fälle, in den bei niedrigen Spannungen genaue Messungen ohne Korrekturrechnung erwünscht sind, wurde ein Kondensatorsatz (Bild 5) zusammengestellt, der in Reihe mit dem Vorwiderstand an die  $0,2 \text{ A}$ -Klemmen des Oberwellenmeßgerätes gelegt wird. In diesem Fall geht die Gleichung für den Korrekturfaktor über in

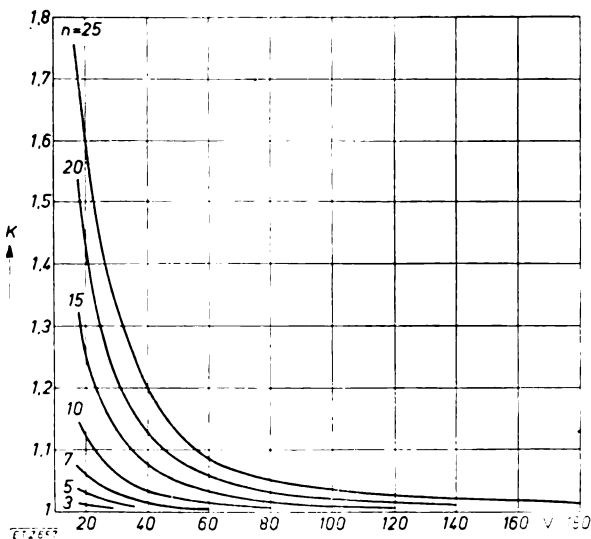


Bild 4. Korrekturfaktor (Parameter: Ordnungszahl der Harmonischen).

$$K = \sqrt{1 + \left( \frac{\ddot{u}^2 X_L n - X_C / n}{R_V + \ddot{u}^2 R} \right)^2}$$

worin  $X_L$  und  $X_C$  die Blindwiderstände des Strompfades und der Kapazität bei  $50 \text{ Hz}$  darstellen. Aus dieser Gleichung lassen sich die Größen der zur Kompensation erforderlichen Kapazitäten für jede Oberwelle errechnen. Für eine völlige Kompensation müssen  $n \cdot X_L$  und  $X_C / n$  gleich sein. Da aber ein Fehler von 1% ohne weiteres zugelassen werden kann für mehrere Harmonische ein gemeinsamer Kondensator verwendet werden, wenn dadurch der vorgenannte Fehler nicht überschritten wird. Die Auswertung der vorstehenden Gleichung ergibt, wenn man

$$p = \frac{X_C / n}{\ddot{u}^2 X_L \cdot n}$$

(oder bei Überkompensation den reziproken Wert) setzt für  $p$  den Ausdruck

$$p = 1 \pm \frac{2,57}{n}$$

Damit läßt sich für jede Harmonische die zulässige Abweichung der Kapazität vom jeweiligen Nennwert berechnen.



Bild 5. Kondensatorsatz.

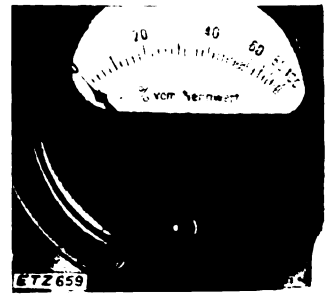


Bild 6. Skala des Leistungsmessers.

Die Vorwiderstände werden im allgemeinen höchstens für  $700 \text{ V}$  bemessen. Bei Hochspannungsuntersuchungen wird das Gerät über normale Spannungswandler angeschlossen, bei höheren Strömen als  $5 \text{ A}$  über Stromwandler.

Gleichströme werden unmittelbar an die Klemmen  $5 \text{ A}$  gelegt; bei stärkeren Strömen muß man Widerstände parallel schalten. Gleichspannungen werden wie Wechselspannungen gemessen, jedoch unter Vorschaltung des Kondensatorsatzes, der eine Gleichstromvormagnetisierung des Wandlers verhindert.

Da die meist vorkommenden Messungen der Oberwellen-Amplitude im Anfangsbereich liegen, wird eine Wattmeter-Spezialausführung verwendet, die einen erweiterten Anfangsmeßbereich besitzt (Bild 6).

**Zusammenfassung**

Das beschriebene Oberwellen-Meßgerät, bei dem der Ausschlag eines Wattmeters ein Maß für die jeweils untersuchte Oberwellenamplitude ist, wird beschrieben. Der Fehler der Messung kann an Hand von Kurven rechnerisch eliminiert oder durch Kompensation beseitigt werden, er liegt im letzten Fall unter 1% des gemessenen Wertes.

**Schrifttum**

- [1] ATM — J 92.
- [2] Krönert: Meßbrücken und Kompensatoren. Oldenbourg 1935 E. S. 173 ff.
- [3] M. Kluge: Arch. techn. Messen V 51—2.
- [4] Dem Verfasser ist nachträglich bekanntgeworden, daß R. Buchholz elektrot. Inst. d. T. H. Darmstadt bereits 1933 eine auf wattmetrischer Grundlage arbeitende Oberwellen-Meßeinrichtung gebaut hat, und daß W. Krämer 1938 eine der vorliegenden ähnliche Apparatur im Laboratorium der AEG-Transformatorfabrik Berlin entwickelte. Veröffentlichungen darüber liegen nicht vor.
- [5] Barkhausen: Elektronenröhren. Bd. 3. III. Aufl. 1935 S. 85.
- [6] C. Moerder: Messung d. Oberwelligkeit v. Wechselspannung. ETZ 61 (1940) S. 77 ff.
- [7] O. Schäfer: Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 335 ff.
- [8] R. Wigand: Grundlagen u. Schaltungstechnik der RC-Generatoren. Radio-Mentor 1944, H. 7/8.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.21 (436)

**Osterreichs Wasserkräfte im Ausbau.** [Nach G. Markt: Die Wasserkräfte des Otztales; J. Fritsch: Ausbauplan für den oberen Inn; J. Schörghuber: Die Projekte des Studienkonsortiums Bregenzer Ach. Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) H. 10.]

Die vorgenannten Arbeiten beantworten die Frage, welche Strommenge Osterreich bereitstellen kann, um sie in seine nördlichen und westlichen Nachbarstaaten zu exportieren. Sie sind von den drei Studiengesellschaften (Westtirol, Oberer Inn und Bregenzer Ach) verfaßt, die in Osterreich gegründet wurden, um die Klärung der ange deuteten Frage herbeizuführen. Eine vierte Studiengesellschaft untersucht die Wasserkraftausnutzung in Osttirol, die vornehmlich den Stromexport nach Italien bezweckt. Die genannten Arbeiten beweisen, daß baureife Projekte vorliegen, die die Errichtung von rd. 2 GW und die Erzeugung von rd. 4,8 TWh als Exportenergie zum Gegenstand haben.

Unter den österreichischen Studiengesellschaften obliegt dieser für Westtirol das Studium der ergiebigsten Wasserkräfte und zwar des Otztales. Die Otztaler Ache ist ein Nebenfluß des Inn. Die Projekte der Studiengesellschaft Westtirol sehen neben der Ausnutzung dieses Wasserlaufes auch die seiner Nebenflüsse sowie Beileitungen und Ausnutzung benachbarter Wasserläufe vor. Es wird die Errichtung von insgesamt 8 Speicherwerken in Aussicht genommen, und zwar A) ein Vierstufenprojekt, das in zwei Ausbaustaffeln auszuführen ist und B) ein erweiterter Ausbau.

Die erste Ausbaustappe des Vierstufenprojektes umfaßt: die Otzmittelstufe: Errichtung des Speichers Zwieselstein bei der Vereinigung der zwei Quellbäche der Otztaler Ache, Bau des oberen Otzstollens von 9,4 km Länge und die Errichtung des Kraftwerkes Bruggen. Zwei Nebenbäche der Otztaler Ache werden eingeleitet; b) die Otzunterstufe: Errichtung des Wochenspeichers Huben, Bau des unteren Otzstollens von 22 km Länge mit zwei Bacheinleitungen und die Errichtung des Kraftwerkes Otztal im Inntal. Die zweite Ausbaustufe sieht die Errichtung des Fischbachspeichers und des Fischbachwerkes vor, des Speichers Riffsee und des Kraftwerkes Plangeross, eines Stollens zur Überleitung des Pitzbaches zum Kraftwerk Bruggen. Der erweiterte Ausbau sieht die Errichtung der Otzoberstufe und der Finstertalserseestufen vor. Das Projekt nutzt ein Gesamtzugsgebiet von 863 km<sup>2</sup> zwischen den Meereshöhen 2340 m und 660 m. Ausbauprogramm, Kraftwerksleistung und Energiedargebot gehen aus Tafel 1 hervor.

Tafel 1. Ausbau der Otz-Wasserkräfte

Ausbaugruppe	Eingebaute Masch.-Leistung MW	Energiedargebot		
		Wi	So	Jahr
GWh				
1. Ausbau Otz-Mittelstufe (3. Masch.) Otz-Unterstufe (4. Masch.)	105	116	199	315
	268	278	605	883
	373	394 33%	804 67%	1198 100%
	45	46	8	18
	140	144	251	395
2. Ausbau Riffseewerk Otzmittelstufe mit Pitzbachüberleitung (4 Masch.) Fischbachwerk Otz-Unterstufe (6 Masch.)	144	163	48	211
	402	413	657	1070
	731	766 45%	928 55%	1694 100%
	165	134	184	318
	45	46	-28	18
3. Ausbau: Otz-Oberstufe Riffseewerk Otz-Mittelstufe mit Pitzbachüberleitung Fischbachwerk Finstertalserseestufen Otz-Unterstufe	140	221	203	424
	144	163	48	211
	145	153	-37	116
	402	621	482	1103
	1041	1338 61%	852 39%	2190 100%

Das vorgesehene Ausbauprogramm ermöglicht bereits nach 3 1/2 Jahren die Gewinnung von 717 GWh, hiervon 133 GWh Winterarbeit.

Aufgabe der Studiengesellschaft Oberer Inn ist, die Ausnützbarkeit des aus dem Engadin kommenden Inn zu studieren. Vorgeschlagen wurde, den Inn in zwei Stufen auszubauen, wobei die erste Stufe die Strecke von der Staatsgrenze bis Prutz (86 MW) umfaßt, während die zweite Stufe ein ausgeprägtes Knie des Inn ausnützt und hierbei 136 MW erzeugt. In dem in den Inn einmündenden Kaunertal sind ebenfalls zwei Stufen vorgesehen, die 100 und 70 MW leisten sollen. Es ist somit möglich, am oberen österreichischen Inn 392 MW auszubauen und 1,41 TWh zu gewinnen, wovon 43% Winterarbeit sein werden.

Die sich in den Bodensee ergebende Bregenzer Ache in Vorarlberg ist ein ausbauwürdiger Wasserlauf, in dem sich dort ein Gefälle von 1232 m in 9 Kraftwerken ausnützen läßt. Die gewinnbare Energie beträgt 1,22 GWh, wovon 61,5% Winterarbeit und nur 38,5% Sommerarbeit sind. Die aufzustellende Maschinenleistung beträgt 533 MW. Vier der neun Kraftwerke sind Speicherwerke.

Die von den österreichischen Studiengesellschaften festgestellten erzeugbaren Energien sind befähigt, die europäische Energiebilanz, insbesondere der Nachbarländer, bestimmdend zu beeinflussen. Die Feststellungen dieser Studiengesellschaften sind für Deutschland besonders interessant, da der Strom dorthin über verhältnismäßig kurze Leitungen exportiert werden kann. Die etwa aus dem Inntal nach Süddeutschland zu exportierende Energie würde nur Freileitungen durch das halbe, hier ohnehin schmale österreichische Staatsgebiet bedingen, während der Strom der an der Bregenzer Ache ausgebauten Kraftwerke nach Deutschland durch die bekannte Rheinland-Leitung geliefert werden könnte.

K/h

DK 621.315.5.017.2

**Erwärmung von Leitern bei kurzdauernder Stromüberlastung.** [Nach R. Rosskopf: Elektrotechnik 28 (1950) S. 469; 5 S., 1 B.]

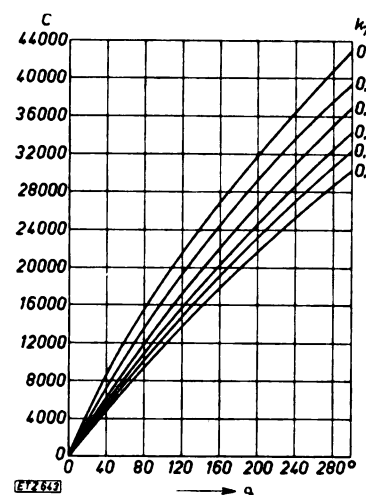


Bild 1. Praktische Werte von C als Funktion von theta.

In Leitungen, Kabeln, Maschinen und Transformatorenwicklungen können kurzzeitig Stromwerte auftreten, die ein Vielfaches der normal zulässigen Werte betragen. Für die sich dabei einstellende Temperatur und für ihren oberen noch zulässigen Grenzwert sind in den verschiedenen Ländern Formeln, hauptsächlich empirisch gefunden, entwickelt worden.

In dieser Arbeit leitet der Verfasser rechnerisch eine praktisch einfache Beziehung zwischen der Stromdichte in einem Kupferleiter, der Zeitdauer und der Temperaturerhöhung ab. Er geht von der üblichen Energiebilanzgleichung bei der Erwärmung aus, wobei jedoch die Wärmeableitung vernachlässigt wird. Aus der bekannten Gleichung

$$238,9 \cdot 10^{-6} Wdt = Gcd\theta \quad (1)$$

(W die Verluste im Leiter, t die Zeitdauer, c die spezifische Wärme des Kupfers, G das Gewicht, theta die Temperatur in °C gerechnet von 0 °C) wird unter der Voraussetzung, daß die Anfangstemperatur 75 °C beträgt, nachstehende Größe hergeleitet:

$$C = 6 \cdot 10^4 \log \left\{ \left( \frac{\theta + 235}{310} \right)^2 + k_{75} \right\} \quad (21)$$

darin sind theta die Temperaturgröße, k<sub>75</sub> ein Faktor, der die Wirbelstromverluste berücksichtigt. Ein entsprechend gebauter Ausdruck ergibt sich für andere Anfangstemperaturen (15°, 20 °C). Bezeichnet man mit s die Stromdichte in A/mm<sup>2</sup>, mit t die Zeitdauer in s, so ergibt sich folgende Beziehung:



$$s^2 t = C_e - C_b, \quad (22)$$

wobei unter  $C_e$  der Wert (21) zu verstehen ist, wenn für  $\vartheta$  die Endtemperatur  $\vartheta_e$  eingesetzt wird und für  $C_b$  der entsprechend der Anfangstemperatur  $\vartheta_e$  errechnete Wert von  $C$  zu nehmen ist. Bild 1 zeigt den Verlauf der  $C$ -Werte in Abhängigkeit von der Temperatur  $\vartheta$ . Die normale Stromdichte des Leiters betrage z. B. 2 A/mm<sup>2</sup> und es trete eine 50fache Stromüberlastung auf, also 100 A/mm<sup>2</sup>. Es soll ermittelt werden, in welcher Zeitspanne sich der Leiter von der Anfangstemperatur 75 °C auf 200 °C erwärmt. Der Faktor  $k_{75}$  sei 0,2. Mit diesen Werten liest man aus Bild 1 oder aus einer aufgestellten Tabelle ab:

$$C_{75} = 11404, C_{200} = 26829$$

Damit ergibt sich nach Gleichung (22)

$$s^2 t = 26829 - 11404 = 15425$$

und daraus

$$t = 1,5 \text{ s.}$$

Die 50fache Stromüberlastung erwärmt also in 1,5 s den Leiter von 75 °C auf 200 °C.

Die hier abgeleitete Beziehung zwischen Stromdichte, Zeitdauer und Temperaturerhöhung in einem Kupferleiter, die aus dieser Beziehung aufgestellte Tabelle oder das Bild 1 ermöglichen eine rasche genügend genaue Überprüfung der Erwärmung.

Kss

DK 621.315.1.013.7

**Messungen von Koronaverlusten und Rundfunkstörungen an einer 500 kV-Versuchsanlage in Tidd (Nordamerika).** [Nach Ph. Sporn und A. C. Monteith: Electr. Engng. 69 (1950) S. 506; 6 S., 8 B.]

Die Verfasser berichten über eine amerikanische 500 kV-Versuchsanlage zum Studium des Betriebsverhaltens von Höchstspannungsleitungen und über die bisherigen Versuchsergebnisse hinsichtlich der Koronaverluste und Rundfunkstörungen. Die Ergebnisse sind noch nicht endgültig.

Die Prüfanlage besteht aus 3 Versuchsleitungen, zwei je 2,3 km und eine 250 m lang, mit Leiterdurchmessern von 23 bis 51 mm, gespeist von 3 Einphasentransformatoren mit zusammen 5000 kVA, stufenweise regelbar von 265 bis 530 kV verkettete Spannung. Für die Messungen stehen zur Verfügung: hochempfindliche Geräte zur Anzeige und Aufzeichnung von Koronaverlusten, anzeigende und schreibende Rundfunk-Störungsmesser, handelsübliche amplituden- und frequenzmodulierte Rundfunkempfänger, ein Fernseh-Empfängersatz, ein Spannungsgradientmesser, schreibende Meßinstrumente zur Aufzeichnung von Temperatur, Barometerdruck, Niederschlägen und Luftfeuchtigkeit und eine automatische Kamera.

Die Koronaverlustmessungen ergaben folgendes: Regen, Hagel und Schnee verursachen besonders hohe Koronaverluste. Auch bei Nebel wurden hohe Verluste gemessen, doch dürfte hierfür die Kondensation auf der Leiteroberfläche verantwortlich sein, welche bei einer Leitung in Betrieb kaum auftreten wird. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Barometerdruck und das luftelektrische Potentialgefälle haben im Vergleich zum Regen nur geringen Einfluß auf die Koronaverluste. In bemerkenswert ebenmäßigen Kurven ist die Abhängigkeit der Koronaverluste von der jährlichen Regenmenge dargestellt. So wurden z. B. an einer Drehstromleitung mit 454 kV bei Regenmengen von 50, 100, 200 und 500 cm/Jahr Koronaverluste von 5, 8, 13 und 18 kW/km gemessen; bei 398 kV fast genau die halben Verluste. Sowohl Regenmenge als auch Koronaverluste sind dabei Mittelwerte über jeweils 48 h. Kurzzeitig wurden bei 454 kV Koronaverluste bis zu 70 kW/km bei Regen oder Schnee gemessen. Ferner wurde festgestellt, daß neue Leiter im ersten Vierteljahr beträchtlich höhere Koronaverluste haben als ältere Leiter. Eine Zweijahreskurve für die Koronaverluste einer 454 kV-Drehstromleitung erreicht in den ersten 3 Monaten 13 kW/km, später nie mehr als 4 kW/km; die entsprechende Kurve für 376 kV zeigt anfangs 3,7 kW/km, später höchstens 1,2 kW/km.

Die durch Höchstspannungsleitungen verursachten Rundfunkstörungen wurden im Frequenzbereich 0,015 ... 400 MHz untersucht. In Übereinstimmung mit verschiedenen anderen inzwischen bekannt gewordenen Veröffentlichungen ergaben sich folgende Erkenntnisse: Zwischen der Leitungs-

spannung und dem Logarithmus der Rundfunkstörung ( $\mu\text{V}$ ) besteht ziemlich genaue Proportionalität. Niedrigere Frequenzen sind störanfälliger als hohe. Amplitudenmodulierte Rundfunkempfänger werden wesentlich stärker gestört als frequenzmodulierte Rundfunk- und Fernsehempfänger. Schnee und Regen vergrößern die Störungen. Längs der Leitung werden die Störungen durch die Maste abgeschirmt; im übrigen sind sie abhängig von der Leiterhöhe. Quer zur Leitung nehmen die Störungen in folgender Weise ab: Bezeichnet man die Störungen unter einem Außenleiter mit 100%, dann wurden bei 12,5, 25 und 50 m waagrecht davon entfernten Störungen von etwa 55, 25 bzw. 8% gemessen. Diese Prozentwerte gelten gleichermaßen für verschiedene Frequenzen und Leiterspannungen, Ein- und Dreiphasenleitungen.

x

DK 621.315.1.015.532

**Negative Korona an Drähten bei hohem Druck und hoher Temperatur.** [Nach L. R. Koller u. H. A. Fremont: appl. Phys. 21 (1950) S. 741; 4 S., 7 B.]

Für die Entwicklung eines elektrischen Staubabscheiders der bei Temperaturen bis 500 °C und Drucken bis 5 atü arbeiten sollte, war es nötig, die Koronacharakteristiken unter diesen Bedingungen zu ermitteln. Gearbeitet wurde mit nicht besonders vorbehandelten Wolfram-Drähten zwischen rd. 0,01 und 0,5 mm Dmr., die durch eine Wolframfeder axial in einem 2 Zoll-Stahlrohr ausgespannt waren. Die Drahtlänge beträgt rd. 80 cm; als Stromquelle diente ein Röhrengleichrichter, der bei 40 kV etwa 25 mA Gleichstrom liefern konnte. Um Kurzschlüsse bei Überschlügen zu verhindern war ein Glühkathodenrohr mit Wolfram-Kathode eingeschaltet, dessen Heizspannung und damit Emissionsstrom geregelt werden konnte.

Die Verfasser geben Stromspannungscharakteristiken für Luft, CH<sub>3</sub>Cl und CCl<sub>4</sub> bei verschiedenen Drucken und Temperaturen an. Dabei zeigt sich zunächst die bekannte, Koronaverluste verhindernde Wirkung der Kohlenstoffhalogenide, die ja aus diesem Grunde als Füllgas in den Van-der-Graaffschen Höchstspannungsgeneratoren benutzt werden. Weiter zeigt sich, daß die Abhängigkeit von Druck und Temperatur auf Dichteänderungen der Gase reduziert werden können. Für die Korona ist also nur die Dichte zwischen Draht und Rohr entscheidend, die von Temperatur und Druck in bekannter Weise abhängt. Die gemessenen Werte stimmen weiter mit den von Engel und Steenbeck theoretisch hergeleiteten Einsatzspannungen der Korona gut in Übereinstimmung zu bringen. Der Korona-Strom ist von der Spannung nach einem Potenzgesetz abhängig. Diese Potenz hängt nicht von der Dichte ab, sie ist für Luft 4,2 und für CH<sub>3</sub>Cl 2,8.

Für die Staubabscheidung ist die Koronaentladung notwendig. Bei Strömen von 0,1 mA ist eine Durchmesservariation zwischen 0,01 und 0,5 mm ohne nennenswerten Einfluß auf die nötige Spannung, bei 1 mA Strom braucht der dickere Draht etwa 3 kV mehr Spannung, was durch die größere mechanische Stabilität mehr als ausgeglichen wird.

## Transformatoren

DK 621.3 (043.7)

**Vereinfachter Schutz von Transformatoren.** [Nach C. Dietsch und P. Henriette Larrue: Cigre-Ber. 1950 Nr. 342; 15 S., 6 B.]

Große Leistungstransformatoren in Hochspannungsternen werden allgemein durch drei Schutzeinrichtungen geschützt, nämlich durch das Buchholzrelais gegen innere Fehler, durch den Differentialstromschutz gegen grobe innere und äußere Fehler und durch einen verzögerten Überstromschutz gegen Überlastungen. Der Bericht legt zunächst dar, daß der Differentialstromschutz verhältnismäßig teuer und kompliziert ist, weil er zur Vermeidung von Fehllösungen ganz beträchtliche Aufwendungen erfordert und im Betrieb sorgfältig überwacht werden muß, und beschreibt anschließend als Ersatz für den Differentialstromschutz einen neuen und sehr einfachen Transformatorschutz gegen innere Erdschlüsse der Wicklungen und gegen äußere Erdschlüsse an den Klemmen. Über diesen Schutz werden Betriebserfahrungen mitgeteilt.

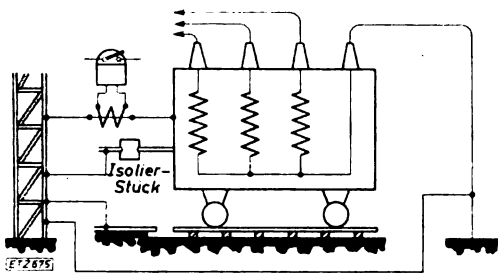


Bild 2. Erdschlußschutz eines Transformators bei zusammengeschalteten Erdern.

Der neue Transformator-Erdschlußschutz besteht aus einem einfachen unverzögerten Stromrelais, das auf die über den Transformator nach Erde fließenden Ströme anspricht; er kann auf die Sammelschienen-Anschlußkabel des Transformators ausgedehnt werden. Der Schutz läßt sich nur in Netzen mit starrer oder einer solchen Sternpunktserdung anwenden, die diese Ströme nicht unter einen gewissen Bruchteil des Transformator-Nennstromes absinken läßt. Der Kessel des Transformators muß gegen Erde und gegen alle normalerweise hiermit verbundenen Metallteile wie Bleimäntel der Hilfskabel, Ölkonservatoren, Fernbetätigungseinrichtungen der Absperrschieber, Feuerlöschrohrleitungen und Fahrschienen isoliert werden. Der Isolationswiderstand des Kessels, der unabhängig von der Witterung eingehalten werden muß, richtet sich nach den noch zulässigen Ableitströmen im Nebenschluß zum Erdschlußschutzkreis, wodurch auch die Art seines Anschlusses an Erde bestimmt wird, um einen möglichst großen Relaisstrom zu erzielen. Der Anschluß des Erdschluß-Schutzkreises an Erde erfolgt daher je nach den Erdungsverhältnissen in der Station bei getrennten Erdern an die Sternpunktserde des Transformators oder an die geerdeten Eisenkonstruktionen oder an eine unabhängige Erde und bei zusammengeschalteten Erdern, wie im Bild 2 schematisch dargestellt ist, an den nächsten geerdeten Anlagenteil. Das gesamte Schutzgerät besteht aus einem Stromwandler, dem unverzögerten Stromrelais und einem Zwischenrelais zum Abschalten und Signalisieren. Die Stromwandler können einfache Stabstromwandler mit geringer Nennleistung (20 VA) und Klassengenauigkeit (2%) sein und lassen sich für Transformatoren im gleichen Höchstspannungsnetz einheitlich (z. B. Übersetzungsverhältnis 200/5 oder 1, Reihenspannung 15 kV) auslegen.

Die staatliche Stromversorgungsgesellschaft in Frankreich (Electricité de France) hat im Jahre 1947 beschlossen, in ihren Höchstspannungsnetzen keinen Differentialstromschutz mehr für Transformatoren anzuwenden und statt dessen nur noch den neuen Erdschlußschutz in Verbindung mit Buchholzrelais vorzusehen. Nach dem Stand vom Ende des Jahres 1949 besitzen 40 Großtransformatoren den neuen Erdschlußschutz. Der Schutz hat bei einem 100 MVA-Transformator 220/60/10 kV, als beim Abschalten von leerlaufenden Leitungen im Innern mehrfach kurzzeitige Wicklungsüberschläge gegen den Kessel auftraten, bei jedem Überschlag einwandfrei gearbeitet und jedesmal in einer Zeit von 0,24 s abgeschaltet. Der gesamte Fehlerstrom hat hierbei etwa 800 A und der hiervon über den Erdschluß-Schutzkreis fließende Strom 610 A (76%) betragen. Das einwandfreie Arbeiten des Schutzes ist an zahlreichen anderen Transformatoren durch Versuche festgestellt worden, u. a. an einem Satz von 3 Einphasentransformatoren 150/60/6 kV, deren Kessel gemeinsam an einen Schutzstromwandler angeschlossen sind. Auch hierbei haben sich nur geringe Ableitströme und infolgedessen die Ströme in den Erdschluß-Schutzkreisen zu hohen Beträgen von erheblich mehr als 80% des gesamten Fehlerstromes ergeben. *ESch*

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.6.029.42

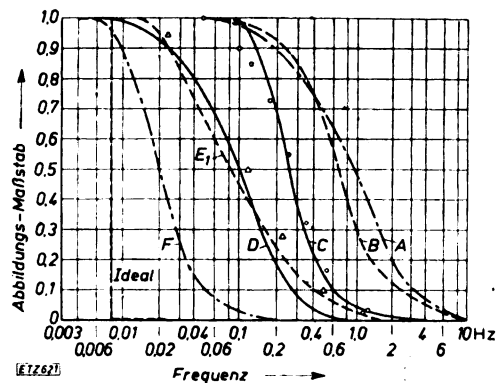
**Elektrische Anzeigeeinstrumente bei den Frequenzen der Reglertechnik.** [Nach W. S. Pritchett und R. M. Saunders: Electr. Engng. 69 (1950) S. 705; 1 S., 1 B.]

Mit der zunehmenden Anwendung der Frequenzanalyse von Reglersystemen hat sich auch ein größerer Bedarf für Instrumente herausgestellt, welche Wellenstromgrößen in

den Frequenzbereichen messen, die bei Reglersystemen auftreten. Zurzeit werden Oszillographen und Oszilloskope meist als Hilfsmittel zur Analyse von Reglersystemen verwendet. Wenn es möglich wäre, Anzeigeeinstrumente zu verwenden, würde man die Auswertung von Oszillogrammen sparen können.

Die meisten Anzeigeeinstrumente sind für einen Frequenzbereich von 25 bis 133 Hz entwickelt. Wenn man eine niedere Frequenz an die Klemmen eines solchen Instrumentes legt, ist das Verhalten des Meßwerks durch 3 Zonen zu charakterisieren: In der Zone A bleibt der Zeiger bewegungslos oder macht Ausschläge nach jeder Seite der ursprünglichen Auslenkung. In Zone B folgt der Zeiger dem aufgedrückten Wellenstrom ohne Amplituden- oder Phasenfehler. Die Zone C liegt zwischen den Zonen A und B.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß man sowohl in der Zone A als auch in der Zone B messen konnte, dagegen erwies sich die Zone C als völlig unzuverlässig.



- A Drehspul-Meßwerk mit Permanentmagnet
- B Gleichstrominstrument
- C Elektrodynamometer
- D Thermoumformerinstrument
- E Dreheisen-Meßgerät (moving vane)
- F Elektrodynamometer mit besonders langer Eigenschwingungsdauer.

Bild 3. Änderung der Amplitude, abhängig von der Frequenz des Wellenstromes für verschiedene gebräuchliche Instrumente, für ein ideales Instrument und ein besonders gebautes niederfrequentes Instrument.

Trägt man den Abbildungs-Maßstab über der Frequenz auf, so erhält man alle notwendigen Kenntnisse, wo die einzelnen Zonen liegen. Aus zahlreichen Messungen ergaben sich die in Bild 3 dargestellten Frequenzcharakteristiken. Bei dem idealen Instrument würde der Bereich A plötzlich in den Bereich B übergehen. Bei den praktisch realisierbaren Instrumenten muß man jedoch immer mit einem Zwischenbereich C rechnen, den man nach Möglichkeit vermeiden soll.

Im einzelnen wurde festgestellt: Das elektrodynamische Instrument mit leichter Überschwängung gab die engste Zone C. Wenn man auf Zone B verzichtet und eine lange Zeitkonstante zulässig ist, kann die Zone A durch starke Dämpfung bei gewöhnlichen Instrumenten erreicht werden. Das Trägheitsmoment zu erhöhen oder die Federkonstante zu verringern, ist bei den üblichen Instrumenten nicht ratsam.

Ein eigens für diese Untersuchungen entworfenes Instrument mit langer Schwingungsdauer und günstigen Dämpfungseigenschaften gibt die Möglichkeit, die Zone C zu überbrücken, in der die allgemein gebräuchlichen Instrumente unzuverlässig sind.

Mz

DK 621.317.791 : 621.317.35

**Kennlinien-Meßgeräte.** [Nach W. Graffunder u. H. Schultes: Frequenz 4 (1950) S. 229; 4 1/2 S., 10 B.]

In der Praxis ist es häufig notwendig, von Spezialröhren, vor allem von Senderröhren, bis in das Gebiet positiver Gitterspannungen hinein Kennlinienfelder aufzunehmen. Das sonst allgemein angewandte Verfahren, die einzelnen Kennlinien des gesuchten Feldes punktweise aufzunehmen, scheidet hier wegen der unvermeidlichen Überlastung der zu prüfenden Röhre aus und hat überdies den Nachteil, daß es sehr zeitraubend ist. Man hat daher Kennlinien-Meßgeräte entwickelt, bei denen die Röhre nur einer impulsartigen Belastung ausgesetzt wird und die gewünschten Kennlinien als stehende Bilder auf dem Schirm einer Braunschen Röhre erscheinen. Um ein derartiges Bild exakt auswerten zu kön-

nen, müssen Größe und Bauart der Braunschen Röhre sowie Schaltung des Geräts so gewählt werden, daß die geringe Ablesegenauigkeit und der Astigmatismus der Braunschen Röhre nicht ins Gewicht fallen.

Bild 4 zeigt als Beispiel eine Schaltung zur Darstellung von  $I_a U_g$ -Kennlinien. Mit dem Potentiometer  $P$ , an dem die Gleichspannung  $U_1$  und die Wechselspannung  $U_2$  anliegen, wird die Aussteuerung der Röhre eingestellt; macht man  $U_1$  gleich der Scheitelspannung von  $U_2$ , so wird die Kennlinie immer von  $U_g = 0$  an angesteuert.

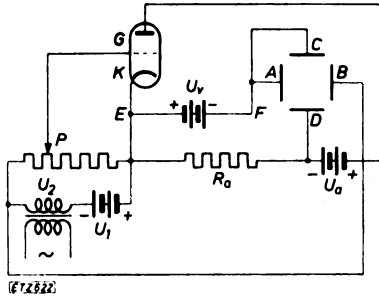


Bild 4. Schaltung zur Aufzeichnung des  $I_a / U_g$ -Kennlinienfeldes.

Die an den Platten A und B der Braunschen Röhre liegende Gesamtspannung sorgt für die horizontale Ablenkung, während die dem Anodenstrom proportionale Spannung  $I_a \cdot R_a$  an den vertikal ablenkenden Platten C und D liegt. Mit der Verschiebespannung  $U_v$  läßt sich eine Ausnutzung des ganzen Leuchtschirmes erreichen. Durch stufenweise Änderung der Anodenspannung mit einem rotierenden Umschalter erhält man nicht nur eine Kennlinie, sondern ein Kennlinienfeld. Im allgemeinen muß man  $R_a$  ziemlich groß wählen, um eine genügend große Ablenkspannung zu erhalten; die Kennlinien erlauben daher nur die Ermittlung der Arbeitssteilheit, nicht aber der statischen Steilheit. Die letztere läßt sich mit einer abgeänderten Schaltung gewinnen, bei der  $R_a$  sehr klein ist und die an ihm entstehende Spannung durch einen verzerrungsfreien Verstärker genügend groß gemacht wird, um die Braunsche Röhre voll auszusteuern. Um das in vielen Fällen aufschlußreichere  $I_a U_a$ -Kennlinienfeld zu erhalten, kann man entweder den Weg der Umzeichnung des  $I_a U_g$ -Feldes beschreiten oder eine zu Bild 4 analoge Schaltung verwenden. Gerade aber im Hinblick auf die eingangs angeführte Zielsetzung, die zur Anwendung von Impulsen an Stelle einer sinusförmigen Spannung zwingt, hat die „Gittertastung“ gegenüber der „Anodentastung“ den großen Vorteil, daß nur ein kleiner Impuls-generator benötigt wird. Z. B. erfordert die Kennlinienaufnahme von Impulsröhren bis zu 15 kW Anoden-Impulsleistung bei Gittertastung einen Impuls-generator von nur etwa 0,25 kW Impulsleistung. — Zur exakten Auswertung des Kennlinienfeldes sind die bisher verwendeten Methoden, bei denen z. B. ein Koordinatennetz vor oder auf den Glaskolben der Braunschen Röhre gesetzt wird, wegen des unvermeidlichen Parallaxenfehlers ungeeignet. Nach einem modernen, von P. Wolf vorgeschlagenen Verfahren schreibt man abwechselungsweise die impulsgetastete Kennlinie und mit etwa 500 Hz eine horizontale und eine vertikale Gerade. Die Lage jeder dieser Geraden ist mit Potentiometern einstellbar, so daß der Nullpunkt des Achsenkreuzes auf jeden gewünschten Punkt der Kennlinie gelegt werden kann. An parallel zu den Potentiometern geschalteten Präzisionsvoltmetern kann man für jeden zu vermessenden Kennlinienpunkt Strom und Spannung unmittelbar ablesen. Die Umschaltung wird durch einen rasch rotierenden Schalter oder durch einen Doppelumschalter nach Art eines Wagnerschen Hammers mit einer genügend hohen Frequenz besorgt, so daß das gesamte Bild flimmerfrei ist. Die Ablesegenauigkeit der Methode liegt bei etwa 0,3 mm auf dem Schirm der Braunschen Röhre.

Abschließend machen die Verfasser nähere Angaben über ein Kennlinien-Meßgerät vielseitiger Verwendbarkeit (u. a.  $I_a U_g$ ,  $I_a t$ ,  $U_a t$ ,  $I_g U_g$ ,  $I_g t$ ,  $I_a U_a$ ), das für die Messung bei extrem kurzen Impulsen (Radar) während des vergangenen Krieges entwickelt worden war. Über die Konstruktion der hochbelastbaren, nötigenfalls mit Preßluft zu kühlenden Meßwiderstände (20...1000  $\Omega$ ), an deren Induktionsfreiheit sehr hohe Ansprüche gestellt werden müssen, werden interessante Einzelheiten mitgeteilt. Die Strommeßbereiche auf der Braunschen Röhre reichten bis herauf zu 15 A.

Fs

DK 621.317.39 : 614-7

**Neue elektrische Instrumente für medizinische Diagnostik** [Nach Benjamin, Hale, Carstensen und Tokins: Electr. Engng. 70 (1951) S. 105.]

Seit der Jahrhundertwende entwickelt die Technik immer vollkommener Mittel zum Erforschen des lebenden Körpers und zum frühzeitigen Erkennen von Krankheiten. Eines der bekanntesten ist der Elektrokardiograph. Allerdings sind noch nicht alle, allein mit diesem Gerät zusammenhängenden Fragen beantwortet worden. Bisher hat man z. B. angenommen und vorausgesetzt, daß sich der menschliche Körper wie ein homogener elektrischer Leiter verhält. Seit einiger Zeit sind Forscher dabei, den spez. Widerstand der verschiedenen Gewebe zu messen, wozu aber erst die nötigen technischen Voraussetzungen geschaffen werden mußten.

In vielen Fällen hat es sich ferner als wünschenswert erwiesen, die Temperatur innerhalb der verschiedenen Gewebeschichten genau zu messen. Das setzte aber die Entwicklung von besonderen winzigen Temperaturfühlern voraus. Es ist gelungen, ein Thermoelement von konzentrischer Form von etwa 0,1 mm Dmr. herzustellen. Dieser haarfeine Meßfühler wird mit einer Hohl-nadel, die einer gewöhnlichen Injektionsnadel entspricht, in den Körper eingeführt, worauf die Nadel zurückgezogen wird und das Thermoelement für die Dauer der Messung in dem Gewebe verbleibt.

Zum Messen der Temperatur in Gelenken, unmittelbar unter der Haut oder rektal wird ein Widerstandsthermometer verwendet, das am Ende eines Röhrchens aus Polyvinylchlorid von nur 0,6 mm Durchmesser untergebracht ist.

Eines der interessantesten Hilfsmittel wird benutzt, um den Blutdruck in Abhängigkeit vom Herzschlag in den Blutbahnen, ja sogar im Herzen selbst zu messen. Dazu wird ein sehr dünnes, elastisches Kunststoffröhrchen, das mit einer Salzlösung gefüllt ist, mit einer Hohl-nadel in ein Blutgefäß eingeführt. Das nach außen zeigende Ende des Röhrchens leitet zu einer kleinen Kammer, deren eine Seite von einer dünnen Metallfolie gebildet wird. Dieser Membran dicht gegenüber sitzt ein starres Metallplättchen, das beide einen Kondensator bilden. Die winzigen Bewegungen der Membran als Folge des wechselnden Blutdruckes bewirken entsprechende Kapazitätsänderungen, die gemessen werden können.

**Lichttechnik**

DK 621.327.45 : 53

**Zur Frage der richtigen Lampenwahl.** [Nach F. Putnok: Licht-Techn. 2 (1950) S. 266; 2 S., 1 Taf.]

Neben kurzem erläuternden Hinweis sind die wichtigsten elektrischen Lichtquellen, die nach dem gegenwärtigen Stand der Technik für Allgemeinbeleuchtungszwecke zur Verfügung stehen, in ihren physikalischen und technischen Eigenschaften, ihren Betriebsdaten, Abmessungen, Anwendungen und sonstigen Besonderheiten in übersichtlicher Form zusammengestellt. Auch zur beleuchtungstechnischen und wirtschaftlichen Verbesserung bestehender einwandfreier Anlagen durch Auswahl geeigneterer Lichtquellen mag diese Übersicht bei näherem Studium nützliche Hinweise zu geben.

**Lichtstrom-, Strom- und Spannungsverlauf bei Leuchtstofflampen.** [Nach J. Czech: Licht-Techn. 2 (1950) S. 2 S., 10 B., 1 T.]

Die Untersuchung des stroboskopischen Effektes beim Elektronenstrahloszillographen zeigt den Einfluß des Leuchtstoffes auf den Lichtstrom. Eine Schaltung zur flachen Aufnahme der Strom-, Lampenspannungs- und Netzspannungskurven mit einem Umschalter wird beschrieben. Das Bestreben nach Verbesserung des Leistungs-faktors und nach Herabsetzung des stroboskopischen Effektes wird weitgehend erfüllt durch die Duo-Schaltung zweier Leuchtstofflampen. Hierbei wird eine Lampe, wie üblich, mit einer Drosselspule in Reihe geschaltet, die zweite Lampe in Vorschaltung einer kapazitiv wirkenden Kombination einer Drosselspule mit einem Kondensator. Erzielter Leistungsfaktor: 0,95, die Lichtstromschwankungen betragen

- 1 Quecksilberdampf-lampe in Röhrenform ohne Leuchtstoff:  $\pm 90\%$  vom Mittelwert
- 1 Leuchtstofflampe (Tageslicht)  $\pm 52\%$
- 1 Leuchtstofflampe (weiß)  $\pm 33\%$

1 Leuchtstofflampe (warmton)	± 27%,
2 Leuchtstofflampen (Tageslicht) in Duoschaltung	± 18%,
2 Leuchtstofflampen (weiß) in Duoschaltung	± 16%,
2 Leuchtstofflampen (warmton) in Duoschaltung	± 11%.

Vi

## Schweißtechnik

DK 621.791.763.1 : 620.17

**Statische Prüfung und Berechnung von Punktschweißverbindungen bei Scherzugbeanspruchung.** [Nach H. Zschokke u. R. Montandon: Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. 16 (1950) S. 257; 15 S., 25 B., 7 Taf.]

Eine durch Scherzug beanspruchte Punktschweißprobe kann je nach ihren Abmessungen ganz verschiedene Bruchformen und Bruchlasten ergeben. Daher ist die Vorausberechnung ihrer Tragkraft problematisch, solange nicht die Einflußgrößen für den Fall der Beanspruchung genauer erfaßt und die Art der Probeform berücksichtigt werden kann.

Die Verfasser beschränken sich bei ihren Betrachtungen auf den praktisch wichtigsten Fall, die Verbindung gleich licker und gleich breiter Blechstreifen aus demselben Werkstoff, deren Schweißpunkt symmetrisch zur Quer- und Längsachse liegt, und berücksichtigen die Werkstoffeigenschaften und die thermische Beeinflussung beim Schweißen<sup>1</sup>. Sie unterscheiden bei der Scherzugbeanspruchung folgende möglichen Bruchformen: den Blechbruch, wenn der Werkstoff in der thermisch beeinflussten Zone härtet, der Punkt unnötig groß oder der Streifen zu schmal ist, den Abreißbruch, wenn das Blech in der thermisch beeinflussten Zone erweicht, der Schweißpunkt zu groß ist, den Rißbruch, wenn der Schweißlinsendurchmesser zu klein ist, den Ausknüpfbruch bei dem teils Zug-, teils Scherbeanspruchungen am Linsenrand auftreten, den Ausreißbruch, wenn die Überlappung zu klein gewählt ist (er wird bei einem Abstand vom Blechrand  $\geq 3 \times$  Blechdicke sicher vermieden).

Für diese 5 Fälle werden Ansätze für die Berechnung der Tragkraft eines Punktes aufgestellt, wobei Formänderungen und Kraftumleitungen durch Formziffern berücksichtigt werden. Die wahre Tragkraft wird durch den Ansatz bestimmt, der den unter den gegebenen Bedingungen kleinsten Wert ergibt.

Je nach der chemischen Zusammensetzung des Werkstoffes und der thermischen Beeinflussung der Werkstofffestigkeit sind Koeffizienten eingeführt und diese für eine Reihe von Werkstoffen an Proben von 1...5 mm Dicke ermittelt. Die Formziffern für Abreiß-, Scher- und Ausknüpfbrüche wurden aus einer Reihe von Proben empirisch ermittelt und in die Berechnungsformeln eingesetzt und so für härtende und erweichende Werkstoffe die bei bestimmten Probeabmessungen zu erwartenden Tragkräfte errechnet. An Stichproben bei Tiefziehblechen und Al-Si-Mg-Blechen zeigte sich, daß im Dickenbereich 0,5...5 mm die errechneten mit den tatsächlichen Werten recht gut übereinstimmen.

Variiert man bei den Proben die Durchmesser der Schweißlinie und die Probenbreite, so ändert sich die Tragkraft. Eine graphische Darstellung der Abhängigkeit dieser Größen voneinander zeigt, daß es eine kritische Bemessung gibt, bei welcher bei gleicher Tragkraft die eine oder die andere Bruchform auftreten kann, weil alle beanspruchten Querschnitte der Probe in gleicher Weise ausgenutzt sind, die Probe also am wirtschaftlichsten bemessen ist. Die errechneten kritischen Bemessungen stimmen mit Angaben aus der Literatur über Abmessungen und Tragkräfte von Punktschweißproben verhältnismäßig gut überein, zum mindesten unterschreiten sie die errechneten kritischen Werte nicht. Die Überlegungen und die Rechnungsansätze sind zunächst für Einzelpunkte, dann aber auch für Punktreihen, und zwar sowohl für ein- wie zweischnittige Punktschweißverbindungen durchgeführt.

Nach der Berechnungsmethode läßt sich für Punktschweißverbindungen von bekannten Abmessungen die Tragkraft vorausbestimmen, oder für eine bestimmte Scherzugbeanspruchung die Schweißverbindung so bemessen, daß die erforderliche Tragkraft auf wirtschaftlichste Weise erreicht wird.

In Tabellen sind für verschiedene Werkstoffe die geeigneten Abmessungen für Einzelpunkte und Punktreihen in Abhängigkeit von der Blechdicke für ein- und zweischnitt-

<sup>1</sup> Die Untersuchungen stammen aus der Materialprüfungsabteilung der AG. Brown, Boveri, Baden (Schweiz).

tige Punktschweißverbindungen zusammengestellt. In weiteren Tabellen sind die Tragkräfte und die Bruchformen, wie sie sich aus der Rechnung und aus den Versuchen ergaben, gegenübergestellt, wobei sich Abweichungen von  $\pm 3,5\%$  im Mittel und maximal von  $\pm 9\%$  ergaben. Rz

DK 621.316.721 : 621.791.736

**Elektronische Steuer- und Regelschaltungen von Widerstandsschweißgeräten.** [Nach M. E. Thirion: Bull. Soc. franç. Electr. 100 (1950) S. 47; 7 S., 7 B.]

Im Thyatron und Ignitron stehen elektrische Schalter zur Verfügung, mit denen sich große Ströme, wie sie z. B. auch zum Schweißen gebraucht werden, einfach steuern lassen. Die Schweißdauer läßt sich durch Zeitschalter im Vielfachen einer Periode genau einstellen und der Schweißstrom kann über den Zündwinkel beeinflusst werden. Da dieser Strom aber wesentlich von der Last abhängt, ist für einwandfreie Schweißungen eine Messung und Regelung dieses Stromes erforderlich.

Der Aufsatz gibt außer den üblichen Schweißschaltungen eine Schaltung zur Messung des Effektivwertes des Schweißstromes unabhängig von seiner Kurvenform. Über einen Stromwandler wird zunächst der primäre Schweißstrom in eine Spannung umgewandelt und gleichgerichtet. Die Form der Spannungskurven wird je nach der Belastung verschieden sein. Insbesondere wird sich die Stromflußdauer und damit auch die Zeit für die Lücken stark verändern. Um trotzdem unabhängig von der Kurvenform den Effektivwert zu messen, wird der Spannungsverlauf durch nachfolgende Zeitglieder so umgewandelt, daß er unabhängig von der Kurvenform wird.

Die Schweißströme werden beeinflusst durch eine der üblichen Regelschaltungen über vormagnetisierte Drosseln zur Steuerung der Impulsphase der Ignitrons. Auf die gleiche Art kann auch die Schweißspannung gemessen und eingeregelt werden.

Als weitere Strommeß- und Regeleinrichtung wird eine Anordnung beschrieben, die Photozellen benutzt. Die Glühlampe vor der Zelle wird über einen Stromwandler vom Schweißstrom gesteuert. Gn

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.41 : 621.314.26

**Eine Multiplexanordnung mit hoher Trägerstabilität und geringer Störanfälligkeit.** [Nach F. S. Beale: Electr. Engng. 69 (1950) S. 968; 6 S., 9 B.]

Nach einer allgemeinen Darstellung der verschiedenen Möglichkeiten der Vielfachübertragung beschreibt der Verfasser den Aufbau eines in Amerika im Jahr 1949 gebauten Vielfachsystems, bei dem 7 Niederfrequenzkanäle, die zusammen ein Frequenzspektrum von 200...30 000 Hz bilden, durch einen im Zentimeterwellen-Gebiet betriebenen Sender übertragen werden. Die Arbeit beschränkt sich auf eine Beschreibung des Niederfrequenzteils.

Jeder Kanal überträgt ein niederfrequentes Frequenzband von 250...2750 Hz, hat also eine Bandbreite von 2500 Hz. Es wird eine Einseitenband-Amplitudenmodulation benutzt. Nach Unterdrückung von Träger und oberem Seitenband wird nur das untere Seitenband übertragen. Die zur Frequenzumsetzung erforderlichen Trägerfrequenzen liegen bei 8, 12, 16, 20, 24 und 28 kHz. Zur Modulation der den verschiedenen Kanälen zugeordneten Träger wird ein Ringmodulator mit Kupferoxydulgleichrichtern als nichtlineares Schaltelement benutzt, bei dem durch Zusatzwiderstände mit Feineinstellung die richtigen Betriebsbedingungen zur Trägerunterdrückung und Störungsverringern genau eingestellt werden können. Das gesamte Niederfrequenzband wird in einem zweistufigen transformatorisch gekoppelten Gegentaktverstärker mit Gegenkopplung verstärkt, der so gebaut ist, daß die gegenseitige Modulation gering bleibt und ein Übersprechen vermieden wird. Dieser Gegentaktverstärker ist so geschaltet, daß er bei Ausfall einer Röhre als normaler Verstärker arbeitet und der Multiplexbetrieb nicht unterbrochen wird, jedoch sinkt dann die Gesamtverstärkung und die Störungen nehmen zu. Die Kanäle werden auf der Empfangsseite durch Siebketten getrennt.

Zur Erzeugung der Träger auf der Sende- und Empfangsseite werden zwei nichtsynchronisierte Hilfsoszillatoren benutzt, deren Frequenzen bis zu 20 Hz voneinander abwei-

chen können, ohne daß eine merkliche Verschlechterung der Sprachverständlichkeit eintritt. Als Steuerstufe dient ein temperaturstabilisierter 1000 Hz-Stimmgabelsummer, dessen Frequenz durch mehrere Verdopplerstufen in Brückenschaltung auf die Trägerfrequenzen 4,8 und 16 kHz vervielfacht wird. Die fehlenden Zwischenwerte der Trägerfrequenzen werden durch Mischstufen erzeugt, so daß die geforderte hohe Trägerstabilität durch die gemeinsame Steuerstufe sichergestellt ist. Da der Stimmgabelsummer auf 0,1 Hz genau arbeitet, tritt bei der höchsten Trägerfrequenz von 28 kHz nur eine Frequenzabweichung von 2,8 Hz auf.

Der Modulationsfaktor der ausgeführten Anlage wurde zu 1 ... 5% gemessen, er hat etwa die gleiche Störwirkung wie ein Klirrfaktor von 1%. Das Übersprechen änderte den Rauschpegel höchstens um 2 db. Die meisten Störerscheinungen der Multiplexanordnung treten auf dem in dieser Arbeit nichtbeschriebenen Hochfrequenzweg auf. Die gesamte Anlage ergab bei günstigster Bemessung ein Verhältnis der Signalspannung zur Störspannung von ungefähr 50 db. Die Arbeitsweise der Schaltung wird an Hand eines Blockschaltbildes erklärt; Bemessungsunterlagen der verschiedenen Bauelemente fehlen.

Fri

DK 538.652

**Die elektroakustische Wandlung mittels Magnetostriktion (Transformatoren als Schallstrahler).** [Nach H. H. Rust: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 487; 5 S., 8 B.]

Schall- und Ultraschallwellen werden magnetostruktiv gewöhnlich durch Erregung von ferromagnetischen Stäben in der longitudinalen Eigenfrequenz erzeugt. Bei dieser Art der elektrisch-akustischen Wandlung liegen zwei gekoppelte Kreise vor, wobei der erste ein elektrischer Kreis ist und der zweite gekoppelte ein Resonanzkreis in Form des magnetostruktiv erregten mechanischen Schwingers. In diesem Falle ist die Schwingungsform des mechanischen Schwingers nun weitgehend unabhängig von der Kurvenform des anregenden elektrischen Stromes und von dem elektrisch-mechanischen Umsetzungsgesetz. Sie wäre bei einem gekoppelten elektrischen Resonanzkreis (anstatt des mechanischen Schwingers) sinusförmig, bei einem gekoppelten magnetostruktiven Schwinger trifft dies infolge des  $\Delta E$ -Effektes, d. h. der Änderung des Elastizitätsmoduls mit der Magnetisierung, jedoch nicht zu. Die Eigenfrequenz des magnetostruktiven Schwingers ist also nicht konstant, sondern ändert sich mit wechselndem Stromfluß im elektrischen Kreis.

Die hier durchgeführten Untersuchungen beziehen sich auf die Anregung magnetostruktiver Schwinger außerhalb der Eigenfrequenz. Dabei ist die Schwingungsform des magnetostruktiven Schwingers recht verwickelt, selbst bei sinusförmiger Anregung des elektrischen Kreises. Außer dem schon erwähnten  $\Delta E$ -Effekt sind die Gründe hierfür: 1. Frequenzverdopplung infolge Unabhängigkeit der Längenänderung von der magnetischen Feldrichtung (die Frequenzverdopplung entfällt allerdings bei entsprechender magnetischer Polarisierung), 2. der nichtlineare Zusammenhang zwischen magnetostruktiver Längenänderung und magnetischer Feldstärke ( $\Delta l/l$ -H-Kurve), 3. die von Nagaoka [1] gefundene Hysterese der Magnetostriktion, 4. z. B. bei Eisen der Vorzeichenwechsel der Längenänderung bei zunehmender magnetischer Polarisierung (Villari-Punkt der  $\Delta l/l$ -H-Kurve).

An magnetostruktivem Material wurden technisch reines Nickel mit und ohne magnetische Polarisierung, ferner Eisen und Eisen-Silizium-Legierungen ohne magnetische Polarisierung untersucht. Wie zu erwarten, ergaben sich bei sinusförmiger elektrischer Anregung sehr komplizierte, obertonreiche Schwingungen der magnetostruktiven Schwinger. Die Fourier-Koeffizienten der ermittelten Schwingungen sind in der Arbeit enthalten.

Interessant in diesem Zusammenhang ist die bisher anscheinend noch nicht beachtete Tatsache, daß jeder Transformator mit Eisenkern einen magnetostruktiven Schallgeber mit einem ausgedehnten Frequenzspektrum darstellt, wie sich ohne weiteres aus den gefundenen, sehr obertonreichen Schwingungsformen der untersuchten Eisenstäbe ergibt. Bei Transformatoren als magnetostruktiven Schallgebern kommt außerdem noch hinzu, daß alle Stirnflächen strahlen; man kann sich also einen Transformator aus einzelnen Tonpfeifen synthetisiert denken. Bei Anregung derartiger Gebilde können sich sehr verwickelte Schwingungsformen der strah-

lenden Flächen ergeben, so daß infolge Interferenz zwischen den Partialstrahlungen benachbarter Flächenteile Richteffekte und damit eng begrenzte Bündel hoher Schallenergie zustande kommen können.

Die Tatsache der Schallabstrahlung kann bei unterirdisch betriebenen Transformatoren sehr wichtig werden. Es ist seit langem bekannt, daß Schallschwingungen, sowohl des Hör- als auch des Ultraschallbereiches in Flüssigkeiten chemische Änderungen verschiedener Art hervorrufen können [2, 3]; es läßt sich so erwarten, daß auch durch die Schallstrahlung von Transformatoren, die sich in flüssigen Dielektrika zwecks elektrischer Isolierung und Wärmeabfuhr befinden, chemische Veränderungen in denselben eintreten können. Der mögliche Wirkungsmechanismus wird eingehend besprochen.

Die Veränderungen, die an Transformatorenölen gefürchtet werden, könnten also zum Teil durch Schallwellen bewirkt sein. Dies wird weiter noch durch die Tatsache unterstützt, daß Öle in Gleichspannungskabeln symptomlos bleiben. Dagegen unterliegen Öle in Wechselspannungskabeln den gleichen Veränderungen wie Transformatorenöle, was ebenfalls auf durch Schallwellen ausgelöste Veränderungen möglicherweise gemeinsam mit dem Voltol-Effekt [4], hindeutet. Bei Wechselspannungskabeln läßt sich die Schallerzeugung zwangslos durch Maxwell'sche Kräfte erklären.

Zur Verhinderung der schädlichen Schallabstrahlung des Transformator-kerns wird vorgeschlagen, für das Kernmaterial Eisenlegierungen zu verwenden, die nicht der Magnetostriktion unterliegen. Eine weitere Möglichkeit ist, der Kern mit einem schallschluckenden Stoff hohen Reflexionsgrades zu umkleiden. Hierbei muß auf genügende Wärmeabfuhr geachtet werden, da im allgemeinen schallschluckende Stoffe schlechte Wärmeleiter sind.

#### Schrifttum

- [1] H. Nagaoka: Phil. Mag. 37 (1894) S. 131.
- [2] L. Bergmann: Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. Stuttgart 1949.
- [3] R. Haul, H. J. Studt und H. H. Rust: Z. angew. Chem. 1950) S. 186.
- [4] F. Evers: Siemens-Z. 15 (1935) S. 125.

#### Fernsehen

DK 621.385.832 : 555.61

**Grundlagen und Anwendungen der Farbschiffröhren.** [Nach P. G. Violet: Funk u. Ton 4 (1950) S. 530; 13<sup>1/2</sup> S., 13 B.]

Farbschiffröhren sind Kathodenstrahlröhren, die sich des üblichen Fluoreszenzschirms einen Spezialschirm besitzen, der aus Alkalihalogenid-Kristallen in feinsten Verteilung besteht. Auf diesem Kristallschirm wird in üblicher Weise ein Oszillogramm o. ä. geschrieben. Die vom Elektronenstrahl getroffenen Kristalle verändern ihre Lichtdurchlässigkeit in bestimmten Spektralbereichen, so daß die Spur des Elektronenstrahls auf dem Schirm farbig sichtbar hervortritt. Das so geschriebene Diagramm kann durch rückwärtige Beleuchtung des Schirms betrachtet, photographiert oder projiziert werden. Die Spur wird durch Erwärmung der Kristallschicht gelöscht, durch Beschießung mit Elektronen höherer Energie oder größerer Stromdichte oder durch Abwandernlassen der „Farbzentren“ in einem besonderen elektrischen Feld an der Kristallschicht. Der Aufbau der Farbschiffröhren unterscheidet sich nur wenig von dem üblichen Braunschen Röhren für Oszillographen- oder Fernsehzwecke.

Der hier nutzbar gemachte Effekt der Verfärbung von Alkalihalogenid-Kristallen beim Auftreffen von Kathodenstrahlen wurde 1894 von Goldstein entdeckt und von Pohl und seinen Mitarbeitern (Göttingen) ab 1934 weiter untersucht. Verfärbungen entstehen an Störungsstellen des Kristallgitters bei Elektronenüberschuß infolge der Bildung von neutralen Alkaliatomen, die bestimmte, je nach Art des Halogenids verschiedene Absorptionsbanden im Durchlässigkeitsbereich hervorrufen. Wegen der losen Bindung zwischen Alkaliatom und Valenzelektron ist letzteres durch Temperaturerhöhung oder Anlegen eines elektrischen Feldes leicht zu befreien und die Verfärbung zum Verschwinden zu bringen. Um eine möglichst große Schärfe bei der Abbildung elektrischer Vorgänge auf dem Kristallschirm zu erreichen, wird dieser in der Weise hergestellt, daß ein Alkalihalogenid (z. B. Kaliumchlorid) im Hochvakuum



mikrokristalline Schicht (Schichtdicke etwa  $10^{-5}$  cm) auf einen durchsichtigen Träger (Glimmer, Quarz- oder Flußspatplatte) aufgedampft wird.

Zur Sicherstellung einer gleichmäßig durchgefärbten Aufzeichnung wird die Strahlstromstärke des Kathodenstrahls beim Aufzeichnungsvorgang entsprechend der Schreibgeschwindigkeit mehr oder weniger stark ausgeregt und dadurch die Flächenbelastung der vom Strahl getroffenen Schirmteilchen konstant gehalten. Dieser Steuerung dienen differenzierende Schaltungen, die aus den sich ändernden Ablenkströmen oder -spannungen eine der Geschwindigkeit der Änderungen proportionale Spannung zur Strahlstromsteuerung ableiten.

Der Verfasser beschreibt weiterhin den Aufbau und die Eigenschaften einer während des Krieges bei Telefunken entwickelten Farbschifftröhre, die unter dem Namen „Blau-schifftröhre“ in Fachkreisen bekannt wurde. Bemerkenswert ist die Ausführung des Kristallschirms. Als Trägerplatte ist Glimmer benutzt, deren Oberfläche mit einer durchsichtigen Wolframschicht überzogen ist, die bei Stromdurchgang die nötige Wärme zum Löschen der roten bis blauen Farbzentren abgibt, welche sich in der aufgedampften Kaliumchloridschicht während des Betriebes bilden. Das Löschen dauert etwa 10 s. Eine Schreibgeschwindigkeit von 100 m/s konnte erreicht werden. Zur Auswertung des geschriebenen Vorgangs wird der Schirm von rückwärts mit 2 Glühlampen von je 25 W beleuchtet. Für Projektionszwecke wurden statt der Glühlampen 2 Quecksilber-Höchstdrucklampen unter Zwischenschaltung von wärmeabsorbierenden Gläsern mit Zusatzkühlung verwendet, um ein vorzeitiges Löschen zu verhindern.

Zur Anwendung der Farbschifftröhren gibt der Verfasser eine Reihe von Beispielen an: Nachrichten- und Standortübertragung in rechtwinkligen oder Polarkoordinaten (Radartechnik), pantographische Schriftübertragung, Kurzzeitübertragung von Buchstabengruppen des Fünferalphabets oder dreistelliger Zahlengruppen in Impulsform, Messung und Registrierung einmaliger Vorgänge (Materialprüfung, Geophysik, Elektromedizin, insbesondere Elektrokardiographie), Kennlinienaufzeichnung von Elektronenröhren, Bildtelegraphie und Fernsehen (schwarz-weiß und farbiges Fernsehen).

(Anm. d. Ber.: Für eine ganze Reihe wichtiger nachrichtentechnischer Zwecke wird die Farbschifftröhre mit bestem Erfolg anzuwenden sein. Der Schreibgeschwindigkeit dieser Röhrenart ist jedoch eine physikalisch bedingte obere Grenze gesetzt, die bei einigen Hundert m/s liegen dürfte. Darüber hinaus wird die Ladungs-Bildspeicherröhre einzusetzen sein, die während des Krieges in der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost entwickelt wurde und unter dem Namen „Krawinkelröhre“ bekannt geworden ist. Mit dieser können Schreibgeschwindigkeiten von 10 km/s und mehr erreicht werden.)

Böd

DK 621.396.932.1 (493.1)

**Radar im Antwerpener Hafen.** [Nach Radio en telev. rev. 11 (1950) S. 216; 4 S., 7 B.]

„Dicker Nebel, keine Ankünfte“ auf den Telegrammen bedeutet immer, daß viele Schiffe den 89 km vom Meer entfernten Antwerpener Hafen nicht erreichen können und daß sie deshalb in der Scheldemündung ankern müssen. Damit der Schiffsverkehr im Hafen auch bei Nebel stattfinden kann, hat die Antwerpener Behörde eine Radar-Versuchsstation errichtet. Sie ist untergebracht in einem einfachen Holzhäuschen. Daneben steht der 12 m hohe Antennenturm auf dem 3 m hohen Flußdamm. Die Station ist ausgerüstet mit einem RCA-Gerät CR 101-A, wie sie ähnlich an Bord von Schiffen gebraucht werden, mit den Daten: Wellenlänge 3,2 cm; Frequenz 9375 MHz; Impulsdauer 0,25  $\mu$ s (1  $\mu$ s für die Maßstäbe 20 und 40 Meilen); Länge des Wellenzuges 75 m (300 m für 20 und 40 Meilen); Wiederholungsfrequenz der Impulse 3000 Hz (750 Hz für 20 und 40 Meilen); Höchstleistung des Magnetrons 30 kW; mittlere Leistung des Magnetrons 2,5 W; Drehgeschwindigkeit der Antenne 10 U/min. Das Auflösungsvermögen der Antenne ist 2° der Richtung nach und 75 m in der Entfernung. Der Radarschirm hat einen Durchmesser von 30 cm. Das Gerät besitzt 5 Untersuchungsbereiche, nämlich 1,5, 4, 8, 20 und 40 Meilen. Bei den Versuchen stellte sich heraus, daß nur die Bereiche von 1,5 und 4 Meilen verwertbare Ergebnisse lieferten. Am besten konnte man in dem Bereich von 1,5 Meilen arbeiten, bei dem der Fluß in einer Länge von etwa 3 Meilen abgetastet wurde.

Die endgültige Einrichtung braucht einen höheren Antennenturm (etwa 25 m) und ein größeres Auflösungsvermögen. Die Versuche haben weiter ergeben, daß eine vollständige Kontrolle der Schifffahrt auf der Schelde von Vlissingen bis Antwerpen nur möglich sein wird, wenn mehrere Antennentürme aufgestellt werden, entweder mit einer teilweisen Überdeckung der Bildränder in einer zentralen Empfangsstelle oder in einer Zentralstelle, wo die von den verschiedenen Türmen erhaltenen Berichte kombiniert und gedeutet werden.

Diese Stelle ist mit den Schiffsloten durch tragbare Funksprechgeräte verbunden. Die jetzt mit 97 MHz arbeitenden Geräte haben eine Leistung von 0,25 W, eine Reichweite von 25 km und ein Gewicht von 6 kg. Sie arbeiten 10 h ohne Aufladen mit einem 2 V-Akkumulator. Die damit erzielten Ergebnisse sind günstig. Hervorgehoben wird, daß man durch die Radarstation nur über die festen und beweglichen Hindernisse aufklären und beraten, aber keine Befehle erteilen kann. Diese Aufklärung und Beratung wird dem Lotsen, der allein die Entscheidungen treffen muß, aber wesentlich die Arbeit erleichtern.

Mit der Versuchsstation wurden viele Erfahrungen gesammelt. So zeigte es sich, daß nur wirkliche Hindernisse als Reliefunebenheiten reflektiert werden. Daraus erklärt man sich, daß es manchmal schwierig war, die Schelde-Ufer zu bestimmen. Um diese trotzdem sichtbar zu machen, hat man tragbare Reflektoren aus Aluminium verwendet, welche mit einem optischen Zielsystem senkrecht zur Antennenrichtung aufgestellt wurden. Die so erhaltenen Reflexionen glichen denen großer Gebäude.

Während der Versuche hat man eine ausgedehnte photographische Dokumentation zusammengestellt mit dem Zweck, die Art der Echos, welche die verschiedenen Schiffstypen hervorbringen, genau umschreiben zu können. Es hat sich nämlich gezeigt, daß man viel Erfahrungen braucht, um die an und für sich untrüglichen Zeichen auf dem Radarschirm richtig deuten zu können.

Mn

## Physik

DK 538.114 : 538.24

**Der Mechanismus der Rückwärtsmagnetisierung in einem anfangs gesättigten ferromagnetischen Werkstoff.** [Nach H. Ekstein u. T. Gilbert: Phys. Rev. 79 II (1950) S. 214.]

Wenn ein idealer ferromagnetischer Kristall zur Sättigung magnetisiert und danach in den Zustand der Remanenz gelangt ist, macht die Erklärung der Wiederabnahme der Magnetisierung bei Änderung der Feldrichtung anschauliche Schwierigkeiten. Dazu ist in Analogie zu den Versuchen von S i x t u s und T o n k s über die normalen Barkhausen-Wellen die Bildung von Keimen mit entgegengerichteter Magnetisierung erforderlich. Die für eine derartige Keimbildung erforderliche Zeit  $t_n$  wird zu  $t_d/6P$  berechnet, wobei  $t_d$  die Zerfallszeit der Keime vor der Feldwendung und  $P$  die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines neuen Keimes vor der Feldwendung ist. Der Verfasser errechnet  $\log P = -1,39n$ , wo  $n = 10^7$  die Minimalzahl der Spins in einem für die Rückwärtsmagnetisierung kritischen Bereich ist. Obwohl  $t_d \approx 10^{-8}$  s ist, folgt daraus für  $t_n$  eine ungeheure Größe, so daß eher anzunehmen ist, daß die Keime für die Rückwärtsmagnetisierung an Kristallunregelmäßigkeiten, unmagnetischen Einschlüssen oder in inhomogenen Streufeldern an den Korngrenzen entstehen.

Fbch

DK 534.321.9 : 535.82

**Ultraschall-Mikroskop.** [Nach Elektrotechnicar 4 (1950) S. 24 und Ssnanje Ssila, Moskau, (1949) Nr. 9, S. 36.]

S. S. S o k o l o f f, der 1929 als erster ein Verfahren zur Untersuchung von Werkstücken mit Ultraschall auf (schallsperrende) Fehlstellen angegeben hat, soll jetzt ein „Ultraschall-Mikroskop“ entwickelt haben, mit dem Objekte auf akustischem Wege (schalloptisch) vergrößert abgebildet werden können. Dabei wird das Objekt dem Schallfeld eines Ultraschallgebers ausgesetzt und die an seiner Oberfläche reflektierten Schallwellen werden mit einer Schall-Linse so auf einen Schirm geworfen, daß dort ein akustisches Bild (in völliger Analogie zur Optik) entsteht; insoweit bietet das Verfahren nichts grundsätzlich Neues. Der schallempfangende Schirm jedoch besteht aus piezoelektrischem Stoff und ist zugleich Teil eines ikonoskopähnlichen Elektronenrohres. Bei Auftreffen von Schall auf den Schirm ändern sich die

Austrittsverhältnisse für die durch einen abtastenden Elektronenstrahl ausgelösten Sekundärelektronen, die von einer weiteren Elektrode aufgefangen und in der beim Fernsehen üblichen Weise nach Verstärkung einem Braunschen Rohr zugeführt werden, auf dessen Schirm das vergrößerte Bild des Objektes erscheint. — Über Natur und Aufbau der piezoelektrischen Schicht, die als das wesentlich Neue angesehen werden muß, ist bisher nichts bekannt. Auf die Schallempfindlichkeit von Leuchtphosphoren, über die H. Schreiber und W. Degner kürzlich berichtet haben<sup>1</sup>, sei in diesem Zusammenhang hingewiesen. *Sd*

## Werkstatt und Baustoffe

DK 612.315.612.002.2 : 621.319.4

**Herstellung dünner keramischer Platten für Kondensatoren.** [Nach Ceramic Ind., 1949, Dez., S. 79 und Amer. Ceramic Soc. Bull. 1950, März, S. 102.]

Die Herstellung von dünnen keramischen Platten, die so dick sind wie Papier oder Glimmer, stellt einen neuen Schritt in der Entwicklung von Miniatur-Kondensatoren dar. Das National Bureau of Standards in den USA hat ein Verfahren zum Pressen und Brennen von Plättchen entwickelt, deren Dicke zwischen 0,075 und 0,150 mm liegt. Untersuchungen ihrer physikalischen und dielektrischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Stoffzusammensetzung sind im Gange. Dabei werden Barium-Strontium-Titanate verwendet, deren DK 12 000... 18 000 in Spitzenwerten beträgt.

Besondere Aufmerksamkeit muß der Aufbereitung der Masse aus den kalzinierenden Bestandteilen und dem Bindemittel gewidmet werden. Um alle Klumpen zu vermeiden, wird die Masse durch ein Maschensieb mit 365 Maschen/cm<sup>2</sup> gegeben, bevor sie in einer losen Schicht gleichmäßiger Dicke in die gehärteten Stahlformen gebracht und unter einem Druck von 1500 kg/cm<sup>2</sup> zu einer Platte von etwa 0,1 mm Dicke gepreßt wird. Diese Platten sind trotz der geringen Dicke so fest, daß sie ohne Bruch aus der Form ausgeworfen werden können. Nach der Trocknung werden die grünen Platten gestapelt und gelagert, bis sie gebrannt werden. Diese Stapelung ist wesentlich, um unerwünschtes Werfen während des Brennens zu verhindern. Zum Brennen kommt der Stapel auf eine feuerfeste Unterlage und wird mit einer ebenfalls feuerfesten Scheibe beschwert. Das Zusammenbacken der Plättchen wird durch Schichten feinsten Zirkonoxids zwischen den Berührungsflächen verhindert. Das Brennen der Platten zu weniger als 0,1% Wasserabsorption dauert eine Stunde bei 1445 °C. Versuchs-kondensatoren, die bisher zusammengesetzt wurden, haben Volumkapazitäten zwischen 0,3 und 1,0 µF je cm<sup>2</sup>. Die Kapazitätsänderung mit der Temperatur ist gering und beträgt zwischen — 60 °C und + 100 °C nur 11%. *Wmm*

DK 621.315.612

**Stupalith, eine neue Keramik mit negativem Ausdehnungskoeffizienten.** [Nach Ceram. Ind. (1950) Febr., S. 71.]

Die Stupakoff Ceramic and Manufacturing Company, USA, bringt unter dem Namen Stupalith ein keramisches Material in den Handel, das sich durch einen besonders kleinen linearen Ausdehnungskoeffizienten auszeichnet. Dieser Koeffizient von der Größenordnung des geschmolzenen Siliziumdioxid kann schwach positiv, null oder schwach negativ sein.

Wegen der allgemein schlechten Wärmeleitfähigkeit der keramischen Stoffe verursachen Temperaturgefälle im Innern der Körper bei plötzlichen Wärmestößen Ausdehnungsunterschiede, die örtlich die Festheitsgrenze überschreiten und zum Bruch führen können. Man glaubt bei dem neuen Werkstoff diese Schwierigkeiten durch den minimalen Ausdehnungskoeffizienten zu meistern.

Der Stoff ist ein Lithium-Aluminium-Silikat, so behandelt, daß Beta-Spodumen mit Überschuß an Siliziumdioxid-Molekülen entsteht, die fest mit dem Beta-Spodumen gelöst sind. Die Formgebung ist grundsätzlich die gleiche wie bei anderen keramischen Stoffen: Trocken- und Naßpressung sowie Gießen mit später erfolgbarer maschineller Bearbeitung wie Feinschleifen, wenn notwendig. Ingenieure, die den Werkstoff untersuchen, sind der Ansicht, daß der Stoff wegen seiner Festigkeit und seines Widerstandes gegen Wärme-

stöße bis 1100 °C in hochtemperatur-beanspruchten Triebwerken und elektrischen Geräten angewendet werden könnte. Gute Versuchsergebnisse wurden beim Einsatz als Schaufeln für Gasturbinen erzielt. Das Aussehen des Produktes ist weiß bis elfenbeinfarbig, glasig aber nicht auskristallisiert.

Da jegliche Zahlenangaben über Festigkeitseigenschaften sowie über das dielektrische Verhalten noch fehlen, bleiben weitere Veröffentlichungen abzuwarten, um das Material objektiv beurteilen zu können. Als besondere Eigenschaft sei erwähnt, daß die Teile mit beliebigem Porositätsgrad hergestellt werden können, um Gewichtserleichterungen zu erzielen. *Wmm*

DK 621.315.616 : 620.173

**Über die Härteprüfung und ihre Anwendung bei Kunststoffen.** [Nach E. Kruse: Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 16 (1950) S. 225; 18 S., 13 B.]

Unter der Härte eines Stoffes versteht man im allgemeinen den Widerstand, den der Stoff dem Eindringen eines anderen Körpers entgegensetzt, wenn durch diesen eine meßbare Formänderung erzeugt wird. Die hierauf aufgebauten Prüfverfahren sind fast alle zur Prüfung von Metallen entwickelt worden. Aus der Härte eines Stoffes können z. B. Schlüsse auf seine Bearbeitbarkeit gezogen werden. Vor allem aber ist die moderne Härteprüfung ein praktisch zerstörungsfreies Prüfverfahren und infolge der kleinen Eindrücke vielseitig anwendbar, so daß sie eine erhebliche Bedeutung erlangt hat. Der Verfasser untersucht sie besonders auf ihre Anwendbarkeit bei Kunststoffen.

Die wichtigsten statischen Eindruckverfahren sind folgende: a) nach Brinell mit einer Stahlkugel, b) nach Smith und Sandland (Vickers-Methode) mit einer quadratischen Diamantpyramide, c) nach Knoop mit einer rhombischen Diamantpyramide, d) nach Rockwell mit Stahlkugel und Diamantkegel, e) nach Shore mit abgestumpftem Kegel aus Stahl.

Das Verfahren nach Brinell hat wie jede andere Prüfung mit Kugeln den Nachteil, daß verschiedene Eindrücke derselben Kugel einander nicht geometrisch ähnlich sind, so daß die Härtewerte von der Belastung abhängen. Die Vickers-Prüfung und das Verfahren nach Knoop ergeben von der gewählten Belastung unabhängige Härtewerte von der Dimension kg/mm<sup>2</sup>. Die Ausmessung und Berechnung erfolgt wie beim Brinell-Versuch nach der Größe (Oberfläche) des Eindrucks, ist aber infolge der Verwendung pyramidenförmiger Eindruckkörper genauer als beim Brinell-Versuch. Die Rockwell-Prüfung zeichnet sich vor allem durch Einfachheit und Schnelligkeit aus und eignet sich daher besonders für Betriebskontrollen an Massenfabrikaten. Bei ihr wird nur die plastische Formänderung durch Messung der Eindringtiefe nach der Entlastung bestimmt. Das Verfahren nach Shore stammt aus der Kautschuk-Industrie, bei ihm werden die plastische und elastische Formänderung zusammen erfäßt (Messung der Eindringtiefe unter Last). Die nach den verschiedenen Verfahren ermittelten Härtewerte stimmen im allgemeinen nicht miteinander überein. Ein Vergleich ist also nur mit Hilfe von empirisch ermittelten Kurven möglich.

Aus alledem ergibt sich, daß eine der dringendsten Zukunftsaufgaben die bessere Koordination der einzelnen Prüfverfahren und der ihnen zugrunde liegenden Definitionen der Härte ist. Auch die getrennte Erfassung der elastischen und der plastischen Formänderung ist gerade bei vielen Kunststoffen eine wichtige Forderung. Bei ihrer ist ferner, wenn die Ausmessung der oft flachen Eindrücke optisch erfolgen muß, zweckmäßig, schiefe Beleuchtung anzuwenden. Als geeignete Definition der Härte, auch im Hinblick auf die Kunststoffprüfung, schlägt der Verfasser vor:

„Die Härte eines Stoffes ist proportional dem Verhältnis zwischen der Belastung eines kegel- oder pyramidenförmigen Eindrückkörpers aus Diamant und der während der Belastung gemessenen Formänderung, wobei letztere als Quadrat einer Länge oder als Fläche oder als ein Volumen in der Potenz 2/3 ausgedrückt werden soll.“

Durch eine zweite Messung nach Entlastung kann der plastische Anteil der Formänderung bestimmt werden.

Prüft man bei Kunststoffen Härten bei erhöhter Temperatur, so erhält man Einblicke in die Erweichungsvorgänge oder bei harten Kunststoffen in den Grad der Aushärtung.

<sup>1</sup> Naturwiss. 37 (1950) S. 358.

Zur Orientierung hierüber dienen die bekannten Verfahren nach Martens und Vicat, das ASTM- und das Schweißer Verfahren sowie das Gerät nach Schmidt und Bisterfeld, deren Vor- und Nachteile der Verfasser bespricht.

Kry

DK 621.315.61 : 620.111

**Unterscheidung von Kunststoffen.** [Nach H. Nechamcin: Popul. Sci. 1950, Juni, S. 214; 5 S., 13 B.]

Die Arbeit weist darauf hin, wie wichtig es oft für den Praktiker ist, durch eine einfache Probe Art und Eigenschaften eines Kunststoffes grob abschätzen zu können. Als solche wird der Brennversuch empfohlen:

Man halte ein kleines Stück des unbekanntes Kunststoffes in die Flamme eines Streichholzes. Dabei merke man sich die Färbung, die die Flamme durch den Kunststoff annimmt,erner die Flammfarbe des brennenden Kunststoffes selber. Nach etwa 10 s soll man die Flamme der Kunststoffprobe und den Geruch des noch heißen Stückes feststellen. Das Streichholz soll dabei weiterbrennen, weil sein Rauch das Erkennen des Kunststoffgeruches erschwert. Wenn vorhanden, nehme man statt des Streichholzes einen Bunsenbrenner, dessen Flamme nicht riecht und farblos ist.

Tafel 1. Kennzeichen der Kunststoffe beim Brennversuch.

	Flamme	Geruch	Kunststoffart
nicht brennbar		Formalin	Harnstoffharz
		Formalin und Fisch	Melaminharz
		Formalin und Karbol	Phenolharz
brennt, solange in die Flamme gehalten wird	sehr grün	verbrannter Gummi	Pliofilm (gummiähnlicher Kunststoff)
	etwas grün, viel gelb	verbrannter Gummi	Neopren
	grün	sauer	Vinylharz
	grün	süßlich	Vinylidenharz
	grün, funken-sprühend	Essig	Zelluloseacetat
bestehend	stark weiß, sehr brennbar		Zellulosenitrat
	blau mit weißer Spitze	Blumen, Früchte	Akrylharz
	blau	verbranntes Laub, frischer Sellerie	Nylon
	meist blau	etwas süßlich	Formal
	blau, mit Funken	ranzige Butter	Acetobutyrat
	blau	ranzige Butter	Butyral
	gelb mit grünem Rand	verbrannter Gummi	Pliofilm
	meist farblos mit purpurnem Rand	Essig	Acetal
	leuchtend gelb-weiß	ranzige Butter	Acetobutyrat
	leuchtend gelb-weiß rußend	süßlich blumig	Polystyrol
	leuchtend gelb-weiß	etwas süßlich	Formal
	leuchtend gelb-weiß	verbranntes Papier	Zellulose
	gelb mit grünem Rand	verbrannter Gummi	Neopren
	grün gelber Rand	Essig	Zelluloseacetat
langsam zu brennen	grün gelber Rand	schwach süßlich	Athylzellulose

Die festgestellten Eigenschaften lassen mit Hilfe von Tafel 1 einen Schluß auf die Kunststoffart zu.

BV

DK 669.87

**Die Verwendung von Indium im Ausland.** [Nach N. Lownik: Erzmetall 3 (1950) S. 94; 2 S.]

Indium wird heute vielfach noch als ein Metall betrachtet, dessen praktische Verwendbarkeit fraglich ist. Doch wird namentlich in den USA Indium bereits seit 1930 in steigendem Maße industriell angewendet.

**Physikalische Eigenschaften:**

Atomgewicht	114,6
Schmelzpunkt	155 °C
Siedepunkt	2000 ± 10 °C
Spezifisches Gewicht	7,31
Spezifische Wärme	27,3 Joule/g-Atom
Elektrischer Widerstand	
bei 20 °C	9 · 10 <sup>-6</sup> Ω/cm
bei 155 °C	29 · 10 <sup>-6</sup> Ω/cm
Thermische Ausdehnung	33 · 10 <sup>-6</sup> 1/L · de/dt
bei 20 °C	
Brinellhärte	1,0

In reinem Zustand ist Indium wachweich und außerordentlich dehnbar, eine spangebende Verformung daher nicht möglich. Es wurde hauptsächlich als Diffusionslegierung im Metalloberflächenschutz benutzt, wobei die elektrolytisch aufgebrauchte Indiumplattierung von max. 50 μ Stärke durch zweistündliches Erhitzen bei 170...180 °C in das Grundmetall hineindiffundiert. Die derart hergestellten Überzüge sind hochbeständig gegen organische Säuren und Salzlösungen, sowie gegen Erosion und Abrasion. Ferner wird seine Verwendung als Legierungsbestandteil von Lagermetallen erwähnt. So erhöhte ein Zusatz von 4% Indium die Korrosionsbeständigkeit und Lebensdauer von Bleilagermetallen wesentlich. Von weiteren Verwendungsgebieten nennt der Verfasser die Zahnheilkunde, Schmuckwarenindustrie und den Hochtemperatur-Thermometerbau. Von den Verbindungen ist Indiumoxyd (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) wegen der je nach Dosierung hell- bis dunkelgelb ausfallenden Glasfärbungen erfolgversprechend. Ein ausführliches Schrifttumverzeichnis ermöglicht ein eingehenderes Studium des Gegenstands. S-z

**Verschiedenes**

DK 661.142 : 621.389

**Elektrisches Rechenggerät für Gleichungen höheren Grades.**

[Nach H. Glubrecht: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 1; 8 S., 11 B.]

Ein Gerät zum Lösen von Gleichungen höheren Grades

$$w = a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_1 z + a_0 = 0$$

soll schnell und einfach diejenigen Werte von  $z = re^{i\varphi} = r \cos \varphi + i \sin \varphi$  liefern, für welche  $w = u + iv$  null ist:

$$u = a_n r^n \cos n\varphi + a_{n-1} r^{n-1} \cos (n-1)\varphi + \dots + a_0 = 0$$

$$v = a_n r^n \sin n\varphi + a_{n-1} r^{n-1} \sin (n-1)\varphi + \dots + a_0 = 0.$$

Um alle in Frage kommenden z-Werte schnell zu durchmstern, läßt man  $\varphi$  proportional der Zeit  $t$  wachsen ( $\varphi = \omega t$ ) und verändert außerdem relativ langsam  $r$  von  $r=0$  bis  $r=1$ . (Lösungen mit  $r > 1$  findet man aus der Gleichung mit  $\zeta = 1/z$ .) Realisiert ist  $z$  durch zwei um 90° in der Phase verschobene elektrische Sinusschwingungen. Aus der einen, die  $r \cos \omega t$  darstellt, werden die Summanden von  $u$  und  $v$  als Wechselspannungen aufgebaut und additiv zusammengefaßt. Zum Anzeigen der Summen  $u$  und  $v$  dient eine Kathodenstrahlröhre.

Das beschriebene Gerät vereinigt und vervollkommnet zwei frühere Vorschläge von Tischer und von Rasch. Bei Tischer stellt der Schirm der Kathodenstrahlröhre die komplexe w-Ebene dar, indem die Summenspannungen  $u$  und  $v$  den beiden Ablenkplattenpaaren zugeführt werden. Der Schirm zeigt zum von Hand eingestellten Wert  $r$  die geschlossene Kurve  $w(\varphi)$ , und man hat die Werte von  $r$  zu suchen, bei welchen die w-Kurve den Nullpunkt schneidet. Der zugehörige  $\varphi$ -Wert wird mit Hilfe einer Phasenmarke an der Kurve bestimmt, die mit einem Phasenschieber in den Nullpunkt verlegt werden kann. — Rasch bildet die z-Ebene auf der Kathodenstrahlröhre ab, indem der Strahl automatisch mit wachsendem  $r$  spiralförmig auf dem Schirm geführt wird. Durch eine Hell-Dunkel-Steuerung des Strahls erscheinen nur die Lösungspunkte als leuchtende Flecken auf dem Schirm.

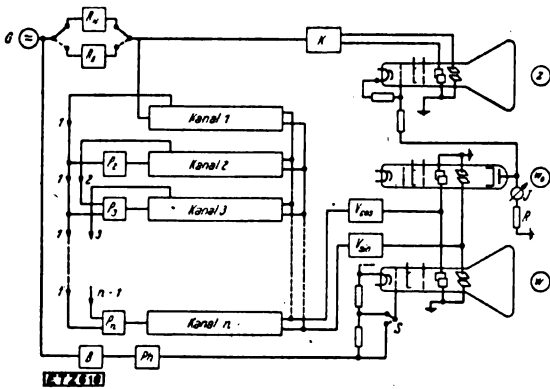


Bild 5. Elektrisches Rechengert für Gleichungen höheren Grades.

Bei dieser eleganten Darstellung der Lösungen ist nach Feststellungen des Verfassers nicht die erforderliche Genauigkeit zu erreichen. Er bildet deshalb in seinem neuen Gerät (Bild 5) mit 2 Kathodenstrahlröhren sowohl die  $z$ - als auch die  $w$ -Ebene ab und benutzt die Nulldurchgänge der  $w$ -Kurven mit zur Anzeige der Lösungspunkte in der  $z$ -Ebene. (Die Sonderröhre  $w_0$  dient nur zur Hell-Dunkel-Steuerung der  $z$ -Röhre.) Weiterhin hat Glubrecht das Potentialverhältnis verbessert, das beim Bilden der Wechselspannungen  $a_\nu r^\nu \cos \nu \omega t$  für  $\nu=0, 1, \dots, n$  erforderlich ist. In einer Kaskadenanordnung von Mischröhren mit multiplikativer Mischung führt er jeder Röhre die Spannungen  $r \cos \omega t$  und (von der vorhergehenden Röhre)  $r^{\nu-1} \cos (\nu-1) \omega t$  zu und nimmt ihr das Produkt  $r^\nu \cos \nu \omega t$  ab ( $P_2$  bis  $P_n$  in Bild 5). In den „Kanälen“ 1 bis  $n$  wird jedes dieser Produkte mit  $a_\nu$  multipliziert, durch Phasendrehung wird jeweils zusätzlich der Ausdruck  $r^\nu \sin \nu \omega t$  gewonnen. Die  $\cos$ -Ausdrücke und die  $\sin$ -Ausdrücke werden getrennt zusammengefaßt (addiert) und den Plattenpaaren der  $w$ -Röhre (und der  $w_0$ -Röhre) zugeführt.

Zur Bedienung stellt man die Koeffizienten  $a_\nu$  der zu untersuchenden Gleichung ein. Dann durchläuft man automatisch (durch Regler  $R_A$ ) oder von Hand (durch  $R_H$ ) mit  $r$  den Bereich 0 bis 1 und kann sofort auf dem  $z$ -Schirm die Lösungen als Leuchtpunkte in der komplexen  $z$ -Ebene ablesen. Für genauere Untersuchung eines Punktes, z. B. über das Zusammenfallen mehrerer Wurzeln, stellt man mit dem Handregler den zugehörigen  $r$ -Wert ein und beobachtet die  $w$ -Kurve. Nach Umlegen eines Schalters ohne Neueinstellen der Koeffizienten wird das gleiche Vorgehen für  $\zeta = 1/2$  durchgeführt, um die Lösungen mit  $r = 1 \dots \infty$  zu bestimmen. Als Genauigkeit der Anzeige mittels Kathodenstrahlröhre wird 5% angegeben. Das reicht für viele praktische Zwecke aus. In anderen Fällen gewinnt man zumindest gute Ausgangswerte für Näherungsrechnungen, z. B. mit Iterationsverfahren.

Zur Vollständigkeit sei hier auf ein kürzlich beschriebenes Gerät von Bader hingewiesen, das demjenigen von Tischner in mancher Beziehung ähnelt.

Dy

DK 65.011 : 378.962

**Rationalisierung und Technische Hochschulen.** [Nach E. Hotz: Rationalisierung 2 (1951) S. 6; 3 S.]

Die Studienpläne der Technischen Hochschulen enthalten neben den speziellen Fächern auch Vorlesungen über allgemeine Wissenschaften, bei der T. H. Karlsruhe z. B. 6 Semester lang je 4 Wochenstunden. Zu diesen Wissensgebieten ist nun auch die Rationalisierung getreten. Aus diesem Grunde betrachtet der Verfasser die Behandlung der Rationalisierung in Forschung und Lehre an den Technischen Hochschulen.

Die Ausbildung in den technischen Fächern sollte die Grundsätze der Rationalisierung für die betreffende Fachrichtung enthalten, der Volkswirt und Wirtschaftsingenieur muß aber die gesamten Grundlagen studieren. Hotz stellt fest, daß die Rationalisierung noch nicht ausreichend wissenschaftlich fundiert ist, ein Nachteil, den sie aber mit manchen ehrwürdigen Wissenschaften teilt. So muß also die Forschung an den Grundlagen dieses jungen Wissensgebietes arbeiten. Als Trägerin dieser Aufgabe sieht der Verfasser die Technischen Hochschulen.

Die Rationalisierung erstreckt sich auf den Materialeinsatz, die Fertigung und die Vereinheitlichung, weiter auf die Betriebswirtschaft, also Verwaltung und Verteilung, und schließlich auf die Bestgestaltung der menschlichen Arbeitskraft. Für die wissenschaftliche Durchdringung dieser Gebiete stehen die alten, fest fundierten Disziplinen zur Verfügung. Sie verfügen über umfangreiche wissenschaftliche Erkenntnisse, deren lehrmäßige Behandlung und Anwendung im Zusammenhang mit der Rationalisierung in vollem Umfang einsetzen muß. Zweifellos sind alle beteiligten Wissenschaftler dazu bereit.

Die vorliegende Arbeit teilt die Durchführung der Rationalisierung in 4 Ebenen ein: 1. Aufgabenstellungen durch Regierungen, Verbände und Organisationen; 2. Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen durch Hochschulen, Institute und wissenschaftliche Vereine; 3. Verbreitung der Erkenntnisse durch Verbände, Hoch- und Fachschulen und 4. Einführung der Maßnahmen in Betriebe, Verwaltungen und Haushalte.

Vth

DK 53 (061.4) (42)

**35. Ausstellung der Physikalischen Gesellschaft, London.** [Nach Electr. Tms. 119 (1951) Nr. 3100, S. 559; 8 S., 15 B.]

Die diesjährige 35. Ausstellung der Physikalischen Gesellschaft fand vom 6. bis 11. April statt. Während im Vorjahre eine große Zahl neuer Geräte gezeigt wurden, die praktisch nur Entwicklungsmuster darstellten, gewinnt man von der 35. Ausstellung den Eindruck, daß die Vorjahresmuster nunmehr eine kommerzielle Form erhalten haben und weniger neue Entwicklungsmuster gezeigt werden. Zweifelloser steht das Tätigkeitsfeld des Elektronik-Ingenieurs im Vordergrund. Bemerkenswert erscheinen folgende Geräte: Verschiedene Röhrenvoltmeter mit Eingangswiderständen bis zu 20 k $\Omega$ /V, Strommesser bis zu 10  $\mu$ A bei 50...20000 Hz ein Tongenerator von 10 Hz bis 100 kHz höchster Genauigkeit (Geradlinigkeit  $\pm 0,005\%$ , Frequenzgenauigkeit  $\pm 0,1$  Hz), Germaniumgleichrichter, schreibende Meßgeräte zur raschen Aufnahme von Antennendiagrammen, ein Dickenmesser für Folien und Bleche beliebigen Materials, also auch von Nichtmetallen unter Verwendung eines radioaktiven Isotopes (Betastrahlen) mit einer garantierten Lebensdauer von vier Jahren. Ein anderes Dickenmeßgerät verwendet radioaktives Thallium 204 für Papierdicken von 10  $\mu$  bis 2,5 mm. Weiter sah man Strahlungsmesser und Zählrohre verschiedenster Ausführungen, einen Dosierungsmesser für Röntgenstrahlen mit 1% Genauigkeit für Strahlen von 50...400 kV, eine Röntgenröhre für sehr scharf gebündelte Strahlen — Strahlschärfe  $0,1 \times 0,01$  mm. Die ergibt bei 50 kV eine Intensität von etwa 35 kW/mm<sup>2</sup>. Dann tragbare Encophalographen für Operationssäle, eine Apparatur zum Bohren von Drahtziehdiamanten für Feinstbohrungen bis zu 0,5  $\mu$  Durchmesser mit Hilfe elektrischer Funken, einen Elektronenstrahloszillographen sehr hoher Strahlgeschwindigkeit für schnelle Vorgänge mit einer Durchlaufgeschwindigkeit von 0,05  $\mu$ s bis 2,5 ms, ein Induktions- und Feldstärkemeßgerät mit einem Meßbereich 0,5...1500 Oe und ein elektronisches Meßgerät zur Messung des Kohlenstandes im Bunker von Kohlenstaubmühlern auf Grund einer selektiven Geräuschmessung.

H

### Kurznachrichten

**Neue Elektronenschleuder in Karlsruhe.** — Die TH. Karlsruhe erhielt vom Verband deutscher Rentenversicherungsträger und dem Karlsruher Kreisverband eine Spende von 90000 DM als Grundkapital für eine moderne Elektronenschleuder. Das Gerät wird eine Spannung von 25 MeV haben und im Physikalischen Institut aufgestellt werden.

**Deutsche Industrieausstellung 1951.** — Nach dem großen Erfolg der Deutschen Industrieausstellung 1950 ist eine Wiederholung dieser repräsentativen Schau für 1951 (6. bis 21. Oktober) in Berlin beschlossen worden.

**Veränderungen bei Philips.** — Mit Wirkung vom 1. 5. 1951 wurde die Philips Valvo Werke G. m. b. H. umbenannt in „Deutsche Philips G. m. b. H.“. Damit nimmt die Firma wieder den Namen an, unter dem sie vor fast 25 Jahren gegründet wurde. Alleinzeichnungsberechtigter Geschäftsführer bleibt Theodor Graf von Westarp.

Außerdem wurde von den deutschen Philips-Unternehmungen eine neue Verkaufsgesellschaft, die „Elektro Spezial G. m. b. H.“ in Hamburg gegründet.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachung

##### Außerkraftsetzung von VDE 0252 K/V.43<sup>1</sup>

Die VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“ beabsichtigt, die Kriegsvorschriften VDE 0252 K/V.43 „K-Vorschriften für umhüllte Leitungen“<sup>1</sup> zum nächstmöglichen Termin außer Kraft setzen zu lassen, da die Verwendung der hierin behandelten Leitungen (mit Zink- und Eisenleitern) heute nicht mehr in Frage kommt. Etwaige Einsprüche gegen die Außerkraftsetzung können bis zum 1. August 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende  
Förster

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

#### Elektrotechnische Prüfstelle Berlin



Berlin-Wilmersdorf, Motzstraße 89, Tel.: 87 01 71, App.: 188

##### Erloschene Prüfzeichenausweise

Die auf die Firma Walter Berger, Bln.-Charlottenburg, lautenden Prüfzeichenausweise

B 3006/1 für zweipol. Winkelstecker 6 A 250 V  
B 3006/2 für zweipol. Winkelgerätesteckdosen 10 A 250 V sind erloschen.

Elektrotechnische Prüfstelle Berlin  
Block

### SITZUNGSKALENDER

- Bielefeld:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohw.  
9. bis 12. 7. 51, tägl. 8.30 bis 17.00, Haus der Technik, Bielefeld, Jahnplatz, IV. Stock, Zimmer 35: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. P. Schnell, Dipl.-Ing. Bertram, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.
- Nürnberg:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohw.  
23. bis 26. 7. 51, tägl. 9.00 bis 17.00: Kursus „Fortbildungskurs für Zählerrevisoren“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Dipl.-Ing. K. Roewer, Techn. Akad. Berg. Land, Wuppertal.
- Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vohw., Rubenstr. 4  
2 bis 6. 7. 51, tägl. 15.15 bis 18.00, Gymnasium Aue, Wuppertal-Elberfeld: Kursus „Vorstoß in den Mikrokosmos“, Prof. Dr. W. Kluge, Dr. habil H. Reumuth, Prof. Dr. B. v. Borries, Dr. K. Hecht.
9. bis 13. 7. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Atomtechnik“, Prof. Dr. W. Kluge.
16. bis 20. 7. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Der Mensch im Betrieb“, Prof. Dr. O. Graf.
30. 7. bis 3. 8. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Einführung in die Fernsehtechnik“, Dr.-Ing. R. Urtel.
30. 7. bis 3. 8. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Evang. Gemeindehaus, Wuppertal-Vohw., Grätratherstr. 15: Kursus „Moderne Schweißtechnik“, Prof. Dr.-Ing. A. Matting.

### PERSONLICHES

**A. Reinauer f.** — Am 24. 4. 1951 verschied im Alter von 54 Jahren Herr Dipl.-Ing. Regierungsbaumeister Aloys Reinauer, Vorstandsmitglied der Bayernwerk Aktiengesellschaft. Er studierte von 1918 ... 1922 an der Technischen Hochschule München; anschließend stand er bis 1925 im Vorbereitungsdienst für den höheren Staatsdienst in Bayern, zunächst als Referendar bei der Deutschen Reichsbahn. 1924 trat

<sup>1</sup> Diese Kriegs(K)-Vorschriften wurden später auch Behelfs (B)- und Übergangs(U)-Vorschriften genannt. Für die B- und U-Vorschriften gilt daher dasselbe wie für die K-Vorschriften.

er in den Dienst der Bayernwerk AG., wo er als Direktionsassistent und Leiter der Maschinenabteilung maßgeblich am Neubau und Ausbau der Bayerischen Landeselektrizitätsversorgung, insbesondere bei der Errichtung des DKW Schwandorf in den Jahren 1929/30 mitwirkte.



Am 1. 1. 1935 folgte Reinauer dem Ruf der Elektrowerke AG Berlin, wo er 1943 Vorstandsmitglied wurde. Unter seiner Leitung entstanden dort mehrere Großkraftwerke, insbesondere auf der mitteldeutschen Braunkohle, und das 220 kV-Netz der Elektrowerke AG. Nach dem 2. Weltkrieg übernahm er die Leitung der Hauptabteilung Energie und Wasserwirtschaft im Bizonalen Verwaltungsamt für Wirtschaft in Minden, bis er im Juli 1947 als Vorstandsmitglied wieder in die Bayernwerk AG. eintrat und die Leitung der Hauptabteilung

Wirtschaft übernahm. Mit aller Energie setzte er sich für die Errichtung neuer Stromquellen in Bayern ein, wobei sein besonderes Interesse dem Bau neuer Dampfkraftwerke galt. Sein Verdienst ist die Erweiterung des Dampfkraftwerkes Schwandorf um eine HD-Vorschaltanlage mit rd. 30 000 kW Leistungszuwachs, deren Fertigstellung er noch erleben durfte. Seiner Tatkraft ist auch das Projekt zur Errichtung eines großen Dampfkraftwerkes in Aschaffenburg zu verdanken, das er noch selbst plante.

Reinauer war Vorsitzender des Verwaltungsrats der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V., Aufsichtsratsmitglied bei verschiedenen bayerischen Überlandwerken und Vorstandsmitglied des Technischen Überwachungsvereins München e. V.

Mit Reinauer ist der Deutschen Elektrizitätswirtschaft und insbesondere der Bayerischen Elektrizitätsversorgung ein vornehmer Mensch mit großem Fachwissen und unermüdlicher Schaffenskraft verloren gegangen. Seine langjährigen Erfahrungen und gründlichen Kenntnisse haben ihn in der gesamten Elektrizitätswirtschaft als Fachmann ausgewiesen; seine hervorragenden persönlichen und charakterlichen Eigenschaften und sein menschlich angenehmes Wesen haben ihm viele Freunde erworben. //

**H. Sonnenfeld f.** — Am 3. Januar 1951 verstarb an einem Herzschlag in seiner selbstgewählten Verbannung, Ferryhill (Grafschaft Durham) in England, der Kabelingenieur Hugo Sonnenfeld.



Sonnenfeld wurde am 21. Januar 1886 in Bratislava (Preßburg) geboren. Er studierte Technik am Polytechnikum in Brünn und Wien, wo er 1908 sein Ingenieur-Diplom erhielt. Bis 1914 war er Ingenieur in der Kabelfabrik Bratislava. Nach seiner Verwundung im ersten Weltkrieg arbeitete er im Kriegsministerium an Schallmeßgeräten. 1919/1920 war er technischer Direktor einer Schweizer Kabelfabrik und arbeitete an der Elektrifizierung der Gotthardbahn.

Zu gleicher Zeit war er sehr verdient um die Einführung der Zahnradgetriebe aus Bakelit. 1931 bis 1934 war er Direktor in der Kabelfabrik Bratislava. Hier erfand er das bekannte „SO“-Kabel, bei dem er grundsätzlich vom runden Querschnitt der üblichen Drei-



leiterkabel abging, wodurch die unnützen Zwickel und Blei gespart werden. Eine besonders wichtige Erfindung waren seine neuartigen „Flexo“-Gummikabelschnüre, bei denen Stecker und Schnur in einem Gummikörper einvulkanisiert sind. 1938 erfand er ein neues Kabel, dessen ölgetränkte Isolation unter Druck steht. Anfang 1940 siedelte er nach England über, wo er als selbständiger Ingenieur und technischer Berater auf seinen Fachgebieten tätig war.

H. Sonnenfeld zeichnete sich durch eine persönliche, verbindliche Liebenswürdigkeit aus.

Viele Kabelfachleute der ganzen Welt kennen Hugo Sonnenfeld und werden ihm ein treues Gedenken bewahren.  
W. Vogel

**K. Herz.** — Anlässlich der 45. VDE-Jahresversammlung verlieh am 11. Juni 1951 die Technische Hochschule Hannover den Titel eines Dr.-Ing. E. h. an den Vorsitzenden des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Ministerialdirigent Dipl.-Ing. Karl Herz.

Der Geehrte hat nach dem Zusammenbruch von 1945 als Chef-Ingenieur des damaligen Post- und Fernmeldetechnischen Zentralamtes mit seinem hervorragenden Organisationstalent, seiner schöpferischen Begabung zur Improvisation, seinen wissenschaftlichen und praktischen Kenntnissen der modernen Fernmeldetechnik, mit wirkungsvoller Initiative den deutschen Fernmeldebetrieb wieder geordnet und koordiniert. Der 52jährige VDE-Vorsitzende gehört heute als Leiter der Technik dem Bundespostministerium an. R



**Hochschulnachrichten.** — Anlässlich der 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule „Fridericiana“ Karlsruhe im vergangenen Jahr wurden die Kommilitonen aller Semester aufgerufen, eine „Vereinigung ehemaliger Studierender der TH. Karlsruhe“ ins Leben zu rufen.

Ehemalige Studierende der TH. Karlsruhe, die der Vereinigung beizutreten wünschen, werden gebeten, ihre Anschrift mit einer entsprechenden Erklärung an Dr.-Ing. Hermann Ball, Beigeordneter der Stadt Karlsruhe, Karlsruhe, Neues Rathaus, zu übermitteln. of

**Jubiläum.** — Die im Jahre 1901 gegründete Rheinische Elektro-Maschinenfabrik GmbH., Krefeld, ging aus der Maschinenfabrik u. Eisengießerei L. Döhmer hervor, die sich schon seit 1890 mit der Herstellung elektrischer Maschinen befaßte. Die Geschichte dieses Unternehmens ist mit dem beispiellosen Aufschwung eng verknüpft, den die Elektroindustrie im vergangenen halben Jahrhundert genommen hat. Es beschäftigt rd. 200 Arbeiter und Angestellte.

Die Firma hat sich mit besonderer Sorgfalt stets der Entwicklung leistungsfähiger Elektromotoren für Schwungmassenanlauf und intermittierenden Betrieb gewidmet.

Den Forderungen der lufttechnischen Industrie Rechnung tragend, hat die REM Motoren für praktisch geräuschlosen Lauf geschaffen.

Mit der Feier des 50jährigen Firmenjubiläums verbindet sich das 60jährige Arbeitsjubiläum des derzeitigen ersten Geschäftsführers Karl Smeets. Er übernahm im Jahre 1910 die Geschäftsführung und drückte der stetigen Aufwärtsentwicklung der Firma den Stempel seiner umsichtigen und tatkräftigen Leitung auf. Karl Smeets konnte vor wenigen Wochen in voller Frische die Vollendung seines 74. Lebensjahres feiern. Fi

### Brief an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

#### Ein Kondensatormikrofon mit Netzanschluß

Herr Kalusche spricht in seinem Aufsatz in Heft 19 der ETZ 71 (1950) S. 523 von einer physikalisch günstigeren Wirkungsweise des unsymmetrischen Nierenmikro-

phons und vertritt die Ansicht, daß symmetrische Formen einen vorzeitigen Abfall der hohen Frequenzen zeigen. Er bezieht sich dabei offenbar auf die durch Braunmühl und Weber bekannt gewordene Ausführung. Sofern die Schlüsse aus der Beschreibung des Patentblattes 705 827 gezogen werden, sind sie zutreffend. Die physikalische Vorstellung aber, die dort und auch in anderen Veröffentlichungen vorgebracht wird, ist nicht richtig. Deshalb ist die praktische Ausführungsform des Mikrophons auch anders ausgefallen. Dieses anscheinend rein empirisch entstandene Mikrophon besitzt neben durchgehenden Löchern auch Sacklöcher, die bei geeigneter Bemessung bewirken, daß das Mikrophon für hohe Frequenzen in einen normalen Druckempfänger übergeht, bei dem die gewünschte Richtwirkung annähernd durch die Beugung am Mikrophonkörper hervorgerufen wird. Ich habe an anderer Stelle (Fernmeldetechn. Z. 3 (1950) S. 248) die physikalisch richtige Wirkungsweise erklärt, wobei sich erweist, daß das Mikrophon über den beabsichtigten Zweck hinaus bereits eine Kombination zweier unsymmetrischer Nierenmikrophone darstellt. Die Grundform des Nierenmikrophons ist eine unsymmetrische. Deshalb sollte man m. E. nicht von symmetrischen und unsymmetrischen Nierenmikrophonen, sondern von einem Einzelelement und einer symmetrischen Kombination sprechen. Die Tatsache, daß eine symmetrische Ausführungsform entsprechend der genannten Patentschrift denkbar ist, können wir außer Acht lassen, da diese ohne praktische Bedeutung ist, weil sie einen allzu vorzeitigen Abfall der Frequenzkurve bringen würde. Tun wir dies, dann sind die symmetrische Kombination und das unsymmetrische Einzelelement als völlig gleichwertig anzusehen. H. Großkopf

#### Erwiderung

Der strittigen Aussage in meiner Arbeit liegt die Überlegung zu Grunde, daß man die für die Richtwirkung und Frequenzkurve bei tiefen und mittleren Frequenzen notwendige Reibungsdämpfung so anordnen muß, daß sie für hohe Frequenzen unwirksam wird. Das Nierenmikrophon ist ja bei hohen Frequenzen ein Druckempfänger und es ist wesentlich, durch die Konstruktion dafür zu sorgen, daß es dann nicht reibungsgehemmt ist. Ein so gebautes Mikrophon wurde den bisher bekannt gewordenen gegenübergestellt. Aus der s. Zt. bekannten Literatur (v. Braunmühl u. Weber: Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. 46 (1935) S. 187; und Patentschrift Nr. 705 827, A. M. Wiggins: Fiatbericht vom 6. 5. 47) vom symmetrischen Nierenmikrophon kann nicht entnommen werden, daß die Resonanzanhebung für hohe Frequenzen dabei beachtet wurde, so daß, legt man dieses Schrifttum zu Grunde, die von mir vorgenommene Gegenüberstellung wohl zutreffend ist. Nun ist aber trotzdem die Anhebung hoher Frequenzen durch richtige Anordnung des wesentlichen Teiles der Reibungsdämpfung ebenso beim symmetrischen wie unsymmetrischen Mikrophon möglich. Herr Großkopf hat in seiner Zuschrift darauf aufmerksam gemacht, daß dieser Gesichtspunkt beim Mikrophon der Herren v. Braunmühl u. Weber durch die verschiedene Art der Bohrungen tatsächlich verwirklicht ist. Außerdem ist denkbar, ein symmetrisches Mikrophon mit zwei Membranen geringer Dämpfung so aufzubauen, daß die Reibungsdämpfung zwischen beiden, jedoch durch ein Luftpolster von den Membranen abgetrennt, angeordnet wird. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen symmetrischen und unsymmetrischen Nierenmikrophonen ist also nicht vorhanden. Bestehen bleibt der für jede Frequenzbanderweiterung entscheidende Konstruktionsgesichtspunkt, der in keiner bisherigen Veröffentlichung ausgesprochen wurde, daß man bei Nierenmikrophonen mit sich bei hohen Frequenzen abschaltender Reibungsdämpfung arbeiten muß. H. Kalusche

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 51 (1951.4)

**Vorlesungen über höhere Mathematik.** Von Dr. phil. Adalbert Duschek. 2. Bd. Mit 386 S., 125 B., Format 17×24 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. 26,— DM, Glb. 29,— DM.

Ein Jahr nach dem Erscheinen des ersten Bandes liegt nun der zweite Band des auf vier Bände geplanten Gesamtwerkes vor. Das Buch weist folgende Abschnitte auf, die selbst wieder in mehrere Untertitel geteilt sind: I. Unerd-

liche Reihen, II. Funktionen von mehreren Veränderlichen, III. Die Integration von Funktionen mehrerer Veränderlicher, IV. Die Fundamentalsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Fehlertheorie und Ausgleichsrechnung, V. Lineare Algebra, VI. Tensoranalysis. Der zweite Band ist inhaltlich eng verbunden mit dem ersten, so daß beide zusammen ein abgeschlossenes Ganzes bilden. Die Darstellung zeigt große Klarheit und Exaktheit. Das Buch ist vor allem für Ingenieure und Physiker bestimmt und deshalb ist besonders die Reichhaltigkeit der Beispiele und Aufgaben zu begrüßen, deren Lösungen am Schluß des Buches im Anhang II zusammengestellt sind. Sie tragen wesentlich zur nutzvollen Verarbeitung des in diesem Band reichlich gebotenen Stoffes bei. Den Anhang I bildet eine Tabelle der Gauß'schen Transzendenten. Das Buch wird jedem Ingenieur und Physiker, der ein weiteres Eingehen in mathematische Begriffe und Methoden wünscht, von größtem Nutzen und Genuß sein.

E. Kl u s s

DK 621.314.21.001.4 (023.3)

**Les essais des Transformateurs Industriels.** Von M. Lapin é. 2. Aufl. Mit 202 S., 114 B., Format 16×25 cm. Verlag Dunod, Paris 1949. Preis geh. 960,— ffrs.

Die Prüfung der Leistungstransformatoren ist für deren Bau, Betrieb und Instandsetzung eine gleich wichtige Aufgabe: sie überwacht die Güte der Baustoffe und Konstruktionen, vermittelt dem Kraftwerks- und Netzbetrieb die stete Betriebssicherheit der Transformatoren und ist die unerlässliche Hilfe der Reparaturwerke. — In dem vorliegenden Buch, dessen erste Auflage 1946 erschien, beschreibt der Verfasser in 13 Kapiteln ausführlich und leicht verständlich die Messungen zur Ermittlung der Leerlauf-Übersetzungsverhältnisse, der Spulenwiderstände, der Leerlauf- und Stromwärmeverluste, die Isolationsprüfungen mit Stoß- und Wechselspannung, die Prüfmethode für die Öle und sonstigen Isolierstoffe, Erwärmungsversuche, die Ermittlung des Wicklungsinnens und der Schaltgruppen, die Messungen an den Vorschaltrosselspulen, die Fehlersuche nach Störungserscheinungen und vor Inbetriebsetzung, das Entlüften und Trocknen der Transformatoren und die Regenerierung der Öle. Über den Titel seines Buches hinausgehend bringt der Verfasser außerdem eine kurze Theorie des Transformators (Kap. I) und die Untersuchungen über den Parallelbetrieb von Transformatoren, insbesondere mit drei Wicklungen (Kap. XIII). Zahlreiche übersichtliche Schaltbilder und Kurven tragen, ebenso wie viele praktische Zahlenbeispiele, wesentlich zum leichten Verständnis des behandelten Stoffes bei.

Das ausgezeichnete Buch füllt eine fühlbar gewesene Lücke im Fachschrifttum aus und kann allen Ingenieuren und Technikern im Transformatorenbau, in den Prüffeldern und Reparaturwerken, ganz besonders aber den Ingenieuren der Netzbetriebe auf das wärmste empfohlen werden.

H. Schulze, Auma

DK 621.314.222.3/.224.3 (023.5)

**Meßwandler.** Von Dr.-Ing. Wilhelm Beetz. (H. 10 d. Verfahrens- u. Meßkunde der Naturwissenschaft). Mit 56 S., 27 B., Format DIN A 5. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1950. Preis kart. DM 5,—.

Strom- und Spannungswandler haben immer noch eine gewisse Sonderstellung im Schaltanlagenbau. Projektierende und ausführende Ingenieure, Schaltwärter und Monteure sind gewohnt, im Meßwandler ein betriebssicheres Gerät vorzufinden, das man mehr von der mechanischen Seite her betrachtet.

Gerade der Stromwandler mit seiner veränderlichen Induktion und den für einen Transformator ungewohnten Zustand des betriebsmäßigen Kurzschlusses reizt aber dazu, mehr über diese interessanten Geräte zu erfahren. Es ist daher sehr erfreulich, daß in der Reihe der Hefte der Verfahrens- und Meßkunde der Naturwissenschaft eine Wissens- und Unterrichtslücke durch das Büchlein von Beetz geschlossen wurde.

Der engbegrenzte Rahmen und Umfang dieses kleinen Werkleins läßt natürlich nicht zu, alle Typen und Konstruktionen in Lichtbildern zu zeigen. Die sehr scharf zusammengefaßte Darstellung aller physikalischen Größen und Begriffe und eine Einführung in die Theorie der Meßwandler wird aber einer raschen Information dienlich sein. Beachtenswert ist, daß trotz des beschränkten Raumes auch auf die heute

sehr zahlreich angewandten Kunstschaltungen eingegangen wird. Trotzdem ist zu empfehlen, einige Angaben bei einer späteren Ausgabe zu ergänzen oder zu verbessern. So werden z. B. ölgefüllte Topfstromwandler nicht nur bis 60 kV Betriebsspannung, sondern, wie aus Veröffentlichungen einiger Firmen hervorgeht, versuchsweise bis 400 kV gebaut. Auch die Bemerkungen über die Anwendung von Mantelkernen oder kreuzringisolierten Stützerstromwandlern, über die Höhe der heute üblichen AW-Zahlen und die Isolierung von Mittelspannungswandlern bedürfen einer Ergänzung.

Es ist erfreulich, in einem besonderen Abschnitt etwas über die Prüfung der Meßwandler zu finden, eine schöne Ergänzung für Ingenieure, die einmal Gelegenheit haben, einer Abnahmeprüfung beizuwohnen. 58 Hinweise auf Literaturstellen geben die Möglichkeit, sich in Einzelfällen noch fehlende Angaben zu beschaffen.

F. Raupach

DK 621.395.34 (023.4)

**Der Wählerschnellbetrieb** ohne jede Verzögerung im Fernsprech-Fernverkehr. Von Max Langer. Mit 80 S., 38 B., Format 14×21 cm. Verlag Technik GmbH, Berlin 1950. Preis geh. DM 6,—.

M. Langer, schon 1923 beim Bau der Netzgruppe Weilheim von der Firma Siemens & Halske als Erbauer benannt und seitdem durch jahrzehntelange, praktische und wissenschaftliche Arbeiten als genauer Kenner der Fernwahlprobleme bekannt, behandelt hier zusammengefaßt die derzeit wichtigsten Fragen zur Neugestaltung eines Landesfernwahl-Netzes. Mit Recht betont er dabei die Forderung höchster Schnelligkeit der Verbindungsherstellung, die heute im Ausland bis zum Übermaß gesteigert wird und die bis vor kurzem auch von der Deutschen Postverwaltung als Grundbedingung angesehen wurde. So lehnt er Speicher- und Umrechnungseinrichtungen als unnötige Verzögerung und Komplizierung des Verbindungsaufbaues ab.

Das Buch behandelt zunächst die Erfassung und Verrechnung der Gebühren, wobei er an der Zeitzonenzählung festhält, selbst für die weitere Entwicklung der Schrankfernwahl. Den Zetteldruckbetrieb hält er höchstens im Weitverkehr für angebracht, da die Sendung der rufenden Nummer Einbauten in alle bestehenden Ämter fordert. Wird freilich dieser Aufwand zu Gunsten des Weitverkehrs hingenommen, so können diese Einrichtungen allgemein angewendet werden. Bei Zählung während des Gespräches geht der Verfasser von Minutenabschnitten aus, nach deren Ablauf er Teilzählungen übertragen will, findet also die Zulassung noch kürzerer Gesprächsabschnitte als bedenklich. Der Motorwähler als Zonenschalter individuell in die Verbindung eingeschaltet, soll bis zu 1000 Verzonungspunkte liefern. Für den Weitverkehr soll ein besonderer Zeitzonenzähler oder ein Zusatz zu jenem für Nahverkehr verwendet werden. Gemeinsame Zonenumrechner empfiehlt er nicht.

Der 2. Abschnitt behandelt die vorteilhafte Netzgestaltung und zeigt, daß ein gelegentlicher Umwegverkehr auch ohne Verzögerung durch Speicherung und Umrechnung möglich ist. Die einzelnen Ausführungsformen werden durch Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen begründet. Ebenso wie die Anwendung von Speichern lehnt das Buch auch die Ortsansage als störend und unwirtschaftlich schärfstens ab. Die vorgeschlagene Wahl einer zweiten und dritten Null als Verkehrscheidungsnummer für höhere Netzebenen dürfte allerdings nur eine Lösung für Schrankwahlverkehr darstellen, wobei durch diese Dekaden ebenfalls eine Verlängerung des Aufbaues auftritt.

Der 3. Abschnitt zeigt die Vereinfachung und Vervollkommnung der Vermittlungstechnik mit neuen Tonfrequenz-Wahleinrichtungen, die aber durch Schutzmaßnahmen im Sprechkreis noch immer reichlich kompliziert sind. Sehr treffend behandelt Langer die Eingliederung des Schrankbedienten Fernverkehrs und die Anwendung des Fernkriteriums. Selbstwählverbindungen sollen wie bisher ortsbesetzt erscheinen, der Leitungswähler soll Aufschalte-Nachrufmöglichkeit und Aushängeüberwachung enthalten.

Im Netzaufbau nennt der Verfasser eine Netzebene mehr, als im deutschen Netz geplant ist, da er noch von kleineren Netzgruppenabmessungen ausgeht. Handbediente Fernämter sollen als Stichleitungsfernämter eingegliedert und womöglich zur Steigerung der Sicherheit örtlich unterteilt werden. Wertvolle Kurvenangaben für Netzplanung bilden den Abschluß des für jeden Fachmann äußerst empfehlenswerten Buches.

M. Hebel

DK 538.565 : 621.318.42 : 538.246 (023.4)

**Schwingungskreise mit Eisenkernspulen.** Von Dr. F. S a m m e r. (Bd. 8 d. Bücherei d. Hochfrequenztechnik.) Mit 207 S., 134 B., zahlr. Taf., Format 16×23 cm. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1950. Preis geb. DM 15,—.

Das Buch, das als Bd. 8 der „Bücherei der Hochfrequenztechnik“ (Herausgeber J. Z e n n e c k) erschienen ist, gibt einen sehr guten Überblick über die Verwendung von Eisenkernspulen und Übertragern in der Praxis. Neben den schwach angesteuerten Blech- und Massekernen der Fernsprechtechnik stehen die gesättigten Kerne mit und ohne Gleichstrommagnetisierung im Vordergrund.

Das erste und zweite Kapitel bringen die Grundlagen der Magnetisierungskurven mit der Definition von Anfangspermeabilität, totaler und differentieller, Wechselfeld- und Impulspermeabilität. — Im dritten Kapitel (Wechselstrommagnetisierung mit sinusförmigem Strom) findet man den Einfluß von Hysterese, Nachwirkung und Wirbelströmen auf die komplexe Permeabilität von Blech-, Draht- und Massekernen. — Das vierte Kapitel (Wechselstromkreise mit Eisenkernspulen) enthält dem Buchtitel entsprechend Schwingungskreise, in welchen die Eisenkernspule in Serie mit einem Kondensator liegt, wobei noch eine eisenfreie Spule eingeschaltet sein kann. Bei Eisenkernspulen ohne diese Vorschaltspule (sinusförmige Spannung, verzerrter Strom) werden in anschaulicher Weise die Strom-Spannungs-Charakteristiken und die verformten Resonanzkurven mit ihren instabilen Ästen wiedergegeben. — Das fünfte Kapitel (Eisenkernspulen der Praxis) ist den Kupfer- und Eisenverlusten von Ringkernen bzw. Mantel- und Kerntypen aus Blechen und den Massekernen der Nachrichtentechnik mit den Anforderungen an Klirrfaktor, magnetische und thermische Instabilität gewidmet.

Das letzte, umfangreichste Kapitel bringt im wesentlichen folgende Anwendungen von Eisenkernspulen: Der belastungslose Übertrager mit Verlusten, Streuung und Eigenkapazität. Frequenzvervielfachung mit und ohne Gleichstrommagnetisierung im Leerlauf- und Belastungsfall. Frequenzteilung mit gesättigten Eisenkernspulen. Selbständige und unselbständige Eigenregung von Kreisen mit Eisenkernspulen. Rückkopplungsdiagramm und Steuerkennlinie von Eisenkernspulen. Magnetische Verstärker. Modulation mit Eisendrossel. Gesättigte Eisenkernspulen als Gleichstrom-Meßwandler. Selbsttätige Spannungsregelung mit Transformator oder Serienkreis. Impulsform und Frequenzgrenzen der Impulsformation. Impulserzeugung mit gesättigten Eisenkernspulen.

Die Darstellung schließt sich häufig an die Arbeiten des Zenneckschen Instituts über Eisenkernspulen an und bringt die Erfahrungen des Verfassers bei der Entwicklung von Impulstransformatoren im Hause Telefunken. Der Wert des Buches liegt vor allem in der Zusammenfassung verstreuter Einzelarbeiten über Eisenkernspulen. Diese gehören, in ihrer Steuerfähigkeit der Triode vergleichbar, zu den interessantesten Bauelementen der Elektrotechnik. O. Z i n k e

DK 621.3 (075)

**Elektrotechnische Lehrbücher.** Von Gustav H a b e r l a n d. Format DIN A 5, kartoniert. Fachbuchverlag, Leipzig 1950. Bd. I: Gleichstromtechn. Mit 112 S., 115 B., Preis DM 3,—. Bd. II: Magnetismus u. Wechselstromtechnik. Mit 184 S., 202 B., Preis DM 4,20. Bd. III: Gleichstrom-Maschinen. Mit 140 S., 122 B., Preis DM 3,50. Bd. IV: Wechselstrom-Maschinen. Mit 206 S., 215 B., Preis DM 5,20.

Nach dem Vorworte sollen diese 4 Bücher zum Selbststudium von Technikern und Ingenieuren dienen, die ihren Wissenskreis erweitern wollen; ferner sollen Betriebs- und Projektierungsingenieure mit ihrer Hilfe ohne großen mathematischen Aufwand ihre Kenntnisse im Bedarfsfalle auffrischen können.

Eine Inhaltsangabe in Stichworten zeigt das von dem Werke behandelte Gebiet auf: Bd. I (Gleichstromtechnik): Grundbegriffe und Grundgesetze; Verwendung der Warmwirkung, d. i. Beleuchtung und Heizung; Galvanische Elemente, Akkumulatoren; Stromverteilungsanlagen. Bd. 2 (Magnetismus und Wechselstromtechnik): Magnetismus, Theorie, Elektromagnete; Wechselstromtechnik, Drehstrom, symbolische Rechnung; Elektrisches Feld, Feldstärke, Entladungsarten; Freie Ströme, Wanderwellen; Verwendung der Warmwirkung, elektrisches Schweißen, Ofen; Stromverteilungsanlagen. Bd. 3 (Gleichstrommaschinen): Aufbau; Berechnung; Betriebseigenschaften von Generatoren und Motoren; Gleich-

stromanlagen. Bd. 4 (Wechselstrommaschinen): Transformatoren; Asynchrone Drehstrommotoren; Synchronmaschinen; Stromwendermotoren für Ein- und Drei-Phasenstrom; Umformer, Einankerumformer; Stromrichter (Gleich-, Wechsel-, Trockengleich-Richter); Wechselstromanlagen.

Dieses umfangreiche Gebiet wird auf etwa 620 Seiten behandelt. Es leuchtet ein, daß dies nur bei sehr konzentrierter Darstellung möglich ist. Die Lösung dieser Aufgabe ist dem Verfasser aber gut gelungen. Die Entwicklungen sind in einfacher und klarer Sprache gehalten, wenn sie auch nicht überall bis zu den letzten Erkenntnissen der heutigen Physik vordringen mögen. Mathematische Formeln werden nur dort gebracht, wo sie zum Verständnis der Ergebnisse notwendig sind; Differential- und Integralrechnung werden nur sparsam verwendet. Entsprechend der im Vorworte gegebenen Aufgabenstellung ist die wirtschaftliche Seite, vor allem bei Besprechung der Leitungsanlagen, stark betont. Manche Einzelheiten, die in mehr theoretisch gehaltenen Lehrbüchern breiten Raum einnehmen, konnten natürlich bei dem verhältnismäßig knappen Umfange des Werkes nicht gebracht werden. Daß aber diese Bücher das im Vorworte gesteckte Ziel erreicht haben, und daß die hier benutzte Darstellungsart den Wünschen eines größeren Leserkreises gut entgegenkommt, wird durch die bis jetzt erreichte Auflagenzahl bewiesen. F. K a d e

DK 621.3.01 (023.1)

**Fachrechnen für Elektriker** (Teil IV A d. Fachkunde für Elektriker). Von W. B l a t z h e i m. 12. Aufl. Mit 106 S., 32 B. Format DIN A 5. Ferd. Dümmers Verlag, Bonn, Frankfurt a. M., Stuttgart 1950. Preis kart. DM 3,40.

In der Fachliteratur nehmen die Schriften für die Heranbildung von Lehrlingen eine Sonderstellung ein. Die Aufgabenstellung ist hier besonders schwierig, weil der Stoff auf die Aufnahmefähigkeit der Lehrlinge, d. h. von jungen Menschen mit Volksschulbildung und im Alter von 14 bis 18 Jahren abgestimmt sein muß, wenn das Buch seiner Aufgabe gerecht werden soll. Nicht zu unterschätzen ist die Gefahr für den Verfasser, daß er von seinem eigenen Wissensniveau ausgehend vergißt, für wen er schreibt, was man leider nicht selten findet.

Diese Klippe hat der Verfasser der vorliegenden Schrift glücklich vermieden. Es handelt sich um eine Sammlung von Beispielen und Rechenaufgaben, welche den Stoff der Teile 1 bis 3 der „Fachkunde für Elektriker“ erläutern und seine Erarbeitung ermöglichen sollen. Der Auffassungsmöglichkeit der Schüler entsprechend sind die Beispiele einfach und aus der täglichen Praxis entnommen. Besonders angenehm fällt auf, daß die Formeln außer in Formelzeichen auch in Worten ausgedrückt sind, so daß sich die Formelzeichen zwangläufig einprägen müssen. Zahlreiche Tafeln geben die notwendigen Materialkonstanten usw. und eine ausführliche Zahlentafel im Anhang mit Anwendungsbeispielen erleichtert die Durchführung der Rechnungen.

G. O. Fischer

DK 658.53/54 (023.2)

**Probleme der Vorgabezeit.** Von Dr. Hermann B ö h r s. Mit 124 S., 130 B. u. zahlr. Taf., Format 16×24,5 cm. Carl Hanser-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 8,60.

Aus wirtschaftlichen, sozialen und ethischen Gründen sind einwandfreie Akkorde notwendig. Diese setzen einerseits eine Bewertung der Arbeit (Arbeitsschwierigkeit usw.) und andererseits eine Ermittlung der Vorgabezeit voraus.

Wie aber kommt man von der gemessenen Zeit zur angemessenen Vorgabezeit? Der Zeitstudienmann muß nicht nur die Zeit messen, sondern auch Arbeitstempo und Arbeitswirksamkeit durch Schätzung des Leistungsgrades bewerten. Die über den Leistungsgrad zu Normalzeiten umgerechneten beobachteten Zeiten streuen nach einer Gaußschen Kurve aus der sich die häufigste Normalzeit ergibt. Diese muß noch einen Erholungszuschlag und gegebenenfalls einen Verlustzeitzuschlag erhalten, um als Vorgabezeit dienen zu können.

Der Verfasser hat auf Grund eigener Versuche, sorgfältiger Auswertung der Literatur und nicht zuletzt auf Grund seiner mehr als 20jährigen Erfahrung als praktischer Zeitstudienmann zur Lösung aller vorgenannten Fragen wesentlich beigetragen. Die Arbeit ist nicht nur wissenschaftlich

durchaus befriedigend, sondern gibt auch dem ernst strebenden Zeitstudienmann Richtlinien für sein praktisches Handeln.

K. W. Hennig

DK 62.002.2 (023.3)

**Das Gestalten der Form** (Bd. I v. Konstruieren im Maschinen- und Gerätebau). Hrsg. v. Dr.-Ing. Rög nitz. Mit 210 S., 347 B., 80 Taf., Format 16×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950. Preis Hlw. DM 12,80.

Tätige und werdende Konstrukteure stehen meist zunächst ratlos vor ihrem Reißbrett, wenn neue, vor allem große, Aufgaben an sie herangetragen werden. Erste Hilfe ist sodann eine klare und begrenzte Aufgabenstellung unter Kenntnis der Betriebsbedingungen und Beanspruchungen, unter denen sich die Maschine oder das Gerät im praktischen Betrieb bewähren soll.

Dann werden die ersten Gedanken freihändig skizziert, evtl. zur Verbesserung der räumlichen Vorstellung unter Benutzung der Perspektive. Nun wird geändert, verworfen, neu überlegt, bis eine Lösung vorliegt, die die gestellten Forderungen möglichst vollständig erfüllt. Dieser prinzipiellen Verwirklichung der Gesamtaufgabe folgt eine Entwicklung der Einzelteile, bei deren Konstruktion Gesichtspunkte der Herstellung wesentlich beteiligt sind. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsvorbereitung werden betriebseigene Herstellungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten natürlicherweise in den Vordergrund gestellt. Abschluß der konstruktiven Arbeit ist der Gesamtentwurf mit einem Satz Einzelteilzeichnungen für den Betrieb (Werkstattzeichnungen).

Die gestaltende Arbeit des Konstrukteurs, die einer künstlerischen Betätigung sehr wesensverwandt ist, erfordert gleichwertiges Können auf den Gebieten der Werkstoffkunde, der Festigkeitslehre und der Fertigung. Mit dem ersten Entwurf parallel geht eine zunächst grobe Abschätzung der Hauptabmessungen mit Hilfe von Berechnungsmethoden der Festigkeitslehre. Es mag dabei durchaus gesagt sein, daß exakte Berechnungen nicht immer möglich sind, weil die an Werkstoff-Probestaben gewonnenen Festigkeitswerte nicht ohne weiteres auf beliebig gestaltete Teile übertragen werden können. Heute helfen hier spannungsoptische Untersuchungen weiter, so daß mit diesem modernen Hilfsmittel die Spannungszustände im konstruierten Maschinenteil besser übersehen werden können.

Es ist ein Verdienst des vorliegenden Buches von Rög nitz, daß es dem Konstrukteur auf seinem Wege vom weißen Zeichenbogen bis zur fertigen Konstruktion eine Vielzahl wertvoller Hinweise bietet. Neben den wesentlichen Normen und ihrer Bedeutung werden verschiedene Anlieferungsformen, Halbzeuge, Sonderprofile usw. besprochen. Die herstellungsgerechte Werkform ist mit Fragen der Passungen und des Zusammenbaues ausführlich behandelt. Im Abschnitt betriebsgerechte Werkform wird der Konstrukteur vielfach darauf hingewiesen, welche Weiterungen aus der unbedingt sicheren Betriebsfähigkeit entstehen. So erlöst der Konstrukteur bei der Lektüre vielfältig mit, was auch ihm am Reißbrett an Problemen ständig beschäftigt. Das Buch ist flüssig geschrieben und mit einer Vielzahl einprägsamer Zeichnungen und Beispiele ausgestattet.

Als Lücke mag empfunden werden, daß bei der betonten Gleichwertigkeit von Gestaltung und Berechnung letztere vermisst wird, doch wird vermutet, daß Berechnungsunterlagen in einem weiteren Band gebracht werden.

F. W. Winter

DK 628.544.004.8 (023.2)

**Altstoffe und Abfälle** in privaten und öffentlichen Betrieben. Von Philipp H a s. Mit 96 S., 8 B., Format DIN A 5. Markwart-Verlag, Berlin 1950. Preis kart. 3,60 DM.

Ausgehend von seinen Erfahrungen als Dezernent für Altstoffwirtschaft bei der Deutschen Reichs- bzw. Bundesbahn hat der Verfasser das Gebiet der Erfassung, Sortierung, Verwertung und Abgabe der Abfälle und Altstoffe aus Eisen und Stahl, NE-Metallen, Holz, Öl, Textilien, Papier und Pappe, sowie Feuerungsrückständen umfassend behandelt. Die Vielfältigkeit dieses Wirtschaftszweiges läßt sich in einer Zusammendrängung auf knapp 100 Seiten nur in großen Zügen und Richtlinien bearbeiten, das ist aber recht übersichtlich geglückt. Wünschenswert für den Ingenieur bliebe allerdings eine eingehendere Beschreibung der Aufarbeitungsmethoden. Wenn auch der Inhalt fast ausschließlich auf die Deutsche Bundesbahn zugeschnitten ist, so kann der Betriebsingenieur anderer Fachgebiete wertvolle Anregungen entnehmen, zumal der Bahnbetrieb das vielseitigste Altstoffaufkommen bedingt.

A. Popp

DK 621.357.5 (023.2)

**Metallische Überzüge.** Von Eugen Werner (Folge 4/5 d. Werkstattkniffe). 4. erw. Aufl. Mit 182 S., 82 B., 6 Taf., Format DIN A 5. Carl Hanser Verlag, München 1950. Preis kart. DM 6,80.

Das Buch enthält in gedrängter, recht übersichtlicher und in eingehender Darstellung die Grundlagen und alle wichtigen Maßnahmen zur Herstellung metallischer Überzüge und zum Färben der Metalle. Der Verfasser beschreibt die in dieser Richtung in der Galvanotechnik notwendigen, zahlreichen und verschiedenartigen Maßnahmen und betrachtet sie nicht nur von der rein technischen, sondern auch von der chemischen und auch betriebswirtschaftlichen Seite aus. Unterstützt von Zeichnungen, Zahlentafeln und Bildern, mitunter ergänzt durch Hinweise auf die einschlägige Patentliteratur entspricht die Abhandlung den tatsächlichen Bedürfnissen der Praxis.

Beginnend mit der Beschreibung der Vorbehandlung der Metalle folgen die Kapitel über das Vernickeln, das Verchromen, Verkupfern und über sonstige Überzüge, wie Vermessingen, Verkadmen, Versilbern, Vergolden, Verplatinieren, galvanisch Verzinken, -Verzinnen, -Verbleien und über das Erzeugen von Überzügen aus Paladium und Rhodium.

Auch den verschiedenartigen chemischen und elektrolytischen Verfahren der Oxydation des Aluminiums und Magnesiums zum Zwecke des Oberflächenschutzes dieser Metalle ist ein vergleichsweise breiter Raum gewidmet.

Das Kapitel „Metallfärbung“ behandelt in gedrängter Form die vielen Verfahren des Schwarz-, Braun- und Alt-färbens von Metallen sowie das Patinieren. Auch die verschiedenen Verfahren der Phosphatierungen sind recht übersichtlich und verständlich behandelt. Das Buch schließt mit dem Kapitel über die Einrichtung galvanischer Anlagen und berichtet besonders über die elektrische Ausrüstung, allgemeine Betriebsmittel und Sondereinrichtungen, wie halb- und vollautomatische Waschanlagen, Polierglocken und Entmetallisierungsanlagen.

Ein Sachverzeichnis ergänzt das übersichtliche Inhaltsverzeichnis des Buches, das als Lern- und Hilfsmittel für alle, die mit der Galvanotechnik im besonderen und mit der Erzeugung metallischer Überzüge und von Metallfärbungen im allgemeinen zu tun haben, aus der Praxis für die Praxis geschrieben ist.

L. Schirmer

DK 621.23 (022.3)

**Einfache Getriebe.** Von Dr.-Ing. Karl-Heinz S i e k e r. (Bd. 15 d. Lehrbücher der Feinwerktechnik). Mit 287 S., 441 B., Format DIN A 5. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1950. Preis kart. DM 22,—.

In klarer Weise vermittelt das Buch eine gute Grundlage zur Kenntnis und Beurteilung der an Meßgeräten und Apparaten der Feinwerktechnik benutzten Getriebe. Der erste Teil bringt im bescheidenen, aber den Erfordernissen völlig genügenden Umfange die zur Berechnung von Getrieben jeder Art benötigten kinematischen Grundlagen, wobei Rechenbeispiele in den anschaulich geschriebenen Text eingestreut sind. Im zweiten, etwa doppelt so starken Teil werden die Bewegungs- und Reibungsverhältnisse in den zwei Getriebeglieder verbindenden Bauelementen, den Gelenken und Lagern, besprochen. Die Vereinigung einzelner Glieder führt zur einfachen und erweiterten kinematischen Kette mit Zwanglauf oder Kraftschluß. Im umfangreichsten, mehr als die Hälfte des Buches umfassenden dritten Teile werden dann die verschiedensten Arten der Getriebe entsprechend der Reuleauxschen Analyse — Kurbel-, Schrauben-, Kurventriebe, Reib- und Zahnradgetriebe und Zugmittel — in sorgfältigem Aufbau besprochen. Den Grundformen folgen ihre Umkehrungen bei Wechsel des als Gestell verwendeten Getriebeteiles und die Sonderfälle im Aufbau, wobei die Eigenarten des Getriebes, die auftretenden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen beachtet werden. Viele Beispiele zur Gestaltung von Einzelteilen und Anwendungen der Getriebe beleben den Text. Das Buch wendet sich in erster Linie an die Studierenden der Feinwerktechnik. Wegen seiner klaren Darstellung ist es aber auch sehr gut zum Selbststudium geeignet und, da der Aufbau der Getriebe sowie ihre Bewegungsverhältnisse unabhängig vom Verwendungszweck sind, kann auch der nicht in der Feinwerktechnik tätige Ingenieur dem Buch Anregungen und Nutzen entnehmen. Eine Übersicht über die Getriebe-Fachbücher, mit kurzen Erläuterungen ihres jeweili-





# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 15. Juli 1951

Heft 14

## Edelgas-Hochdrucklampen für die Projektionstechnik

(Mitteilung aus der Osram-Studiengesellschaft)

Von K. Larché, Berlin

DK 621.327.4

Die elektrische Energie wird in Lichtstrahlung im wesentlichen auf drei Wegen umgewandelt: im Kohlelichtbogen, durch Erhitzen von Metalldrähten und als Entladung in Gasen und Dämpfen. In dieser Reihenfolge sind zeitlich im ersten zunächst rein physikalischen Versuche von Davy, Grove und Geißler ausgeführt worden und in der gleichen zeitlichen Reihenfolge sind diese drei Lichtquellen nach der Erfindung der Dynamomaschine in die praktische Lichttechnik eingegangen: zuerst als Lichtbogenlampe von Jablochkow und von Hefner-Altenkirch, dann als Glühlampe von Edison und Swan und zuletzt als Gasentladungslampe von Arons, Cooper Hewitt, Küch und Moore.

### Das Vordringen der Gasentladungslampe

Seit der Jahrhundertwende stehen diese drei Lichtquellen in scharfem Wettbewerb miteinander, bei dem je nach dem Stande der Technik einmal die eine Lichtquelle, dann die andere sich mehr in den Vordergrund gehoben hat. Betrachten wir vom Gesichtspunkt dieses Wettbewerbes die Lichttechnik im letzten Jahrzehnt, vom Anfang des Krieges etwa an, so stellen wir fest, daß es die Gasentladungslampe gelungen ist, in Gestalt der Quecksilber-Hochdrucklampe allein (HQA-Lampe) und mit einer Drehwendel (Mischlicht-Lampe) und der Quecksilber-Niederdrucklampe zusammen mit Leuchtstoffen (Leuchtstofflampe) einen immer größeren Anteil auf dem Gebiet der gemeinen Beleuchtung zu erobern. Auf dem Gebiet der Projektionslampen dagegen hat die Gasentladungslampe bisher, gesehen von der Reklamebeleuchtung und Ultraviolettblenstrahlung, noch keine große Bedeutung gewonnen. Besonders auf dem Gebiet der Scheinwerfer- und Projektionslampen behaupten der Kohlelichtbogen, insbesondere in der Form des Beckbogens, bei den größeren und die Glühlampe bei den kleineren Geräten unbestritten das Feld. Die Entladungslampe hat nur dann Aussicht in das Gebiet der Projektionstechnik einzubrechen, wenn sie neue wertvolle Eigenschaften aufweisen kann.

### Quecksilber-Hochdrucklampen für die Projektionstechnik

In den letzten fünfzig Jahren hat es natürlich nicht an Versuchen gefehlt, geeignete Gasentladungslampen für die Projektionstechnik zu schaffen. Von diesen Entladungslampen ist die Quecksilber-Hochdrucklampe bisher am weitesten entwickelt worden. Diese Entwicklung ging von der Quecksilber-Hochdrucklampe aus, die sich bekanntlich durch eine hohe Lichtausbeute von etwa 50 lm/W auszeichnet, deren Leuchtdichte aber unter 1 ksb liegt. Für die Projektionstechnik sind aber höhere Leuchtdichten erforderlich, besitzt doch die Projektionsglühlampe Leuchtdichten von 2 ... 3 ksb, der Kohlelichtbogen von etwa 15 ksb und der Beckbogen 50 ... 70 ksb. Der Übergang zu höheren Leuchtdichten gelang bei der Quecksilberlampe durch Erhöhung des Betriebsdruckes von einigen at auf 25 ... 100 at. So entstanden im Jahre 1935 die wassergekühlte Kapillar-Hochdrucklampe von Bol [1] und 1936 die luftgekühlte Queck-

silber-Hochdrucklampe von Rompe und Thourlet [2]. Die Bol-Lampe hat eine Leuchtdichte von 30 ksb bei einer Leuchtfläche von 10 mm × 1 mm, die kugelförmige Hochdrucklampe 20 ... 100 ksb bei einer Leuchtfläche von 0,3 mm mal 0,3 mm bis 6 mm × 3 mm. Die Leistungsaufnahmen liegen in dem Bereich von 100 ... 2000 W, bei preßluftgekühlten Versuchslampen ging man bis auf 5 und 15 kW. Diese Lampen sind in Deutschland als HBO-Lampen bekannt geworden. Auch im Ausland ist eine ähnliche Entwicklung vor sich gegangen [3]. Nach Kriegsende änderte sich auf dem Scheinwerfer- und Projektionsgebiet die Lage entscheidend. Der Bedarf an Lichtquellen hoher Leuchtdichte für militärische Zwecke in Scheinwerfern ging, nicht nur in Deutschland, stark zurück. Das Interesse konzentriert sich neuerdings mehr auf die Lichtquellen für die Kinotechnik. Hier muß aber die Entwicklung Rücksicht nehmen auf die Umstellung auf den Farbfilm. Um dabei eine einwandfreie Farbwiedergabe zu erreichen, muß das Licht der Lichtquellen ausreichend dem Tageslicht angepaßt sein. Dieser Forderung genügt das Licht der Quecksilber-Hochdrucklampen keineswegs, weil besonders in den Spektralgebieten Rot und Blau ein zu geringer Anteil vorliegt. Man hat versucht, durch Zumischung von Kadmium und Zink zur Quecksilberfüllung die Lichtfarbe zu verbessern. Das Ergebnis bei diesen sogenannten farbverbesserten HBO-Lampen ist jedoch nicht voll befriedigend, weil man im Rot erst auf die Hälfte des erforderlichen Anteils kommt, wenn man im Blau schon 50% zuviel erhält.

### Die Edelgas-Hochdruckentladung

Schon im Kriege ist auf Grund von Arbeiten von P. Schulz [4] bekannt geworden, daß die Gasentladung in den Edelgasen Krypton und Xenon bei Fülldrücken von einigen Atmosphären eine Lichtquelle ergibt, die ein kontinuierliches Spektrum mit einer guten Angleichung an das Tageslicht aufweist. Krypton und Xenon sind Edelgase, die neben Argon aus der Luft gewonnen werden. Die Entwicklungsarbeiten an Entladungslampen mit Edelgasfüllung sind nach dem Kriege zuerst im Ausland, besonders in England, fortgesetzt worden [5]. In Deutschland konnten wegen der Ungunst der Verhältnisse erst etwas später die im Kriege begonnenen Entwicklungsarbeiten wieder aufgenommen werden. Über das Ergebnis dieser Arbeiten soll hier kurz berichtet werden.

Die Bogenentladung in Edelgas verhält sich merklich verschieden von der in Quecksilberdampf. Nach der bisher üblichen revisionsbedürftigen Systematik der Bogenlampen wird der kurze Hochdruckbogen in Quecksilberdampf zu der Gruppe der sogenannten elektrodenstabilisierten Bögen, der Edelgasbogen jedoch zu dem konvektionsbestimmten Typus gerechnet, zu dem auch der Kohlebogen gehört. Der Grund für diese Einordnung ist, daß der Edelgasbogen unter gleichen Versuchsbedingungen viel unruhiger brennt als der Quecksilberbogen. Eingehende Untersuchungen über die Ursache dieser Erscheinung brachten einige physikalisch interessante Ergebnisse über das Zustandekommen der Bogen-

form der Edelgasentladung, worüber der Verfasser im Oktober 1950 auf der Jahrestagung der Physikalischen Gesellschaften in Bad Nauheim vorgetragen hat [6]. Von den Ergebnissen dieser Untersuchung interessiert hier die Feststellung, daß die Stabilität des Edelgasbogens gestört werden kann

1. durch einen Gasstrahl, der von der Kathode ausgeht, weil der Bogen nicht auf dem kürzesten Wege zwischen den Elektroden verläuft, sondern dem Gasstrahl folgen will, und
2. durch den starken Auftrieb des hocherhitzten Bogen-gases.

**Kugelförmige Xenon-Hochdrucklampen**

Bei Berücksichtigung dieser Effekte erhält man bei Edelgaslampen einen sehr stabil brennenden Bogen von annähernd rechteckiger oder kreisförmiger Fläche, die sich gut für Projektionszwecke eignet. In einer besonderen Ausführung mit einer Bogenlänge von nur 1 mm wurden bei Stromstärken von 60 ... 80 A Leuchtdichten von 100 ... 150 ksb erreicht [7]. Durch die Wahl verschiedener Bogenabmessungen und Leistungsaufnahmen lassen sich entweder sehr hohe Leuchtdichten oder hohe Lichtstärken erzielen. Tafel 1 zeigt unter den Ziffern 1 ... 6 die Daten einer Reihe von

Tafel 1. Daten von Xenon-Hochdrucklampen.

	Leistungs-aufnahme kW	Strom-art	Strom-stärke A	Brenn-spannung V	Licht-strom klm	Licht-stärke kcd	Elektr.-Abstand mm	Bogenfläche mm x mm	Leucht-dichte ksb
1	0,1	=	8	12,5	0,6	0,1	0,3	0,3 x 0,3	50
2	0,3	=	20	15	4,6	0,5	1,0	1,0 x 1,0	30
3	1,0	=	50	20	27	3,0	2,0	2,0 x 1,0	90
4	2,0	=	80	25	33	4,2	1,0	1,0 x 1,6	150
5	3,35	=	100	33,5	150	16,0	4,5	4,5 x 3,5	82
6	1,0	~	40	25	32	3,5	5,0	5,0 x 3,0	25
7	3,0	~	44	70	95	8,5	50	50 x 5	2,9
8	6,0	~	55	110	210	18,5	100	100 x 6	2,9
9	10,0	~	90	110	360	31,0	110	110 x 9	3,0

Versuchsausführungen von Xenon-Hochdrucklampen, die jedoch keineswegs als schon fertig entwickelte Lampen angesehen werden dürfen, weil die Rücksicht auf ausreichende Lebensdauer und tragbare Herstellungskosten die endgültigen Ausführungsformen bestimmen wird. Das Xenon wird als Gasfüllung dem Krypton wegen der höheren Lichtausbeute vorgezogen.

Der Aufbau einer Edelgas-Hochdrucklampe ist äußerlich der gleiche wie bei der Quecksilber-Höchst-Drucklampe (siehe Bild 1). Die Elektroden bestehen aus Wolframmetall, das für die im Betrieb auftretenden Temperaturen von fast 2000 °C wärmebeständig genug ist. Das Entladungsgefäß besteht aus Quarzglas, die vakuumdichten Zuleitungen aus Molybdän-folie. Der Fülldruck beträgt mehrere Atmosphären.

**Wassergekühlte Xenon-Hochdrucklampen**

Neben der Ausführung mit kleinem Elektrodenabstand und hoher Leuchtdichte kann die Edelgas-Hochdrucklampe auch mit sehr viel größerem Elektrodenabstand, dafür aber

mit wesentlich geringerer Leuchtdichte hergestellt werden. In diesem Falle empfiehlt es sich eine zusätzliche Wasserkühlung der Gefäßwand vorzusehen, um bei erträglichen Abmessungen bleiben zu können.

Durch die Wasserkühlung kann die Wandbelastung des Entladungsgefäßes im Vergleich zu den Werten bei normaler Ausführung ohne Wasserkühlung wesentlich aufgesetzt werden. In der Tafel 1 sind unter Ziffer 7 die Daten einiger Versuchsausführungen von Xenonlampen angegeben, mit denen Lichtströme bis über 300 klm erzielt werden können (Bild 2).

Es ist sicher, daß in vielen Fällen eine Wasserkühlung nicht gerade bequem ist. Die Wasserkühlung bringt neben der Verringerung der Abmessungen noch als weiteren Vorteil eine merkliche Herabsetzung der Wärme-

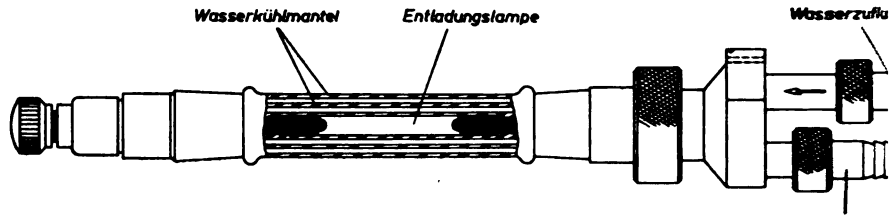


Bild 2. Xenon-Hochdrucklampe 3000 W mit Wasserkühlung (Daten s. Tafel 1).

leistung der Lampe. Neben der Strahlung im sichtbaren, die ja auch eine Wärmewirkung bewirkt, wird von jeder Lampe von der Bogenentladung direkt und dazu noch von der heißen Gefäßwand eine unsichtbare Infrarotstrahlung abgegeben, die bei hohen Beleuchtungsstärken unerwünschte Aufheizung der beleuchteten Objekte zur Folge hat. Durch die Wasserkühlung wird bei Xenonlampen etwa die Hälfte der gesamten Strahlungsleistung unschädlich gemacht, so daß bei gleicher Wärmewirkung auf das Objekt bei Wasserkühlung die Beleuchtungsstärke auf den doppelten Wert erreicht werden kann.

**Lichtfarbe der Xenon-Hochdrucklampen**

Die Strahlung des Xenonbogens ist im sichtbaren Bereich rein kontinuierlich und wie Aufnahmen mit dem Agfa-Farblorfilm B gezeigt haben, entspricht sie in der spektralen Verteilung annähernd dem Tageslicht. Dasselbe gilt für die Farbwiedergabe im Licht der Xenonlampen. Alle Körperfarben von Rot bis Violett werden wie beim natürlichen Tageslicht wiedergegeben. Allerdings ist noch nicht entschieden, was man exakt unter „natürlichem Tageslicht“ verstehen soll. Die Meteorologen haben darauf hingewiesen, daß die gesamte Himmelskugel ohne Sonne auf der horizontalen Ebene im Jahresmittel sogar mehr strahlt als die Sonne für sich allein [8]. Das „mittlere natürliche Tageslicht“ ist also ein Gemisch von Sonnen- und Himmelslicht, das für Sonnenhöhen oberhalb 25° eine spektrale Verteilung besitzt, die der extraterrestrischen Sonnenstrahlung entspricht. Nach bisherigen Messungen ist die Lichtfarbe der Xenonlampen merklich blauer als die der reinen Sonnenstrahlung, was sie wahrscheinlich der des noch genauer festzulegenden „mittleren natürlichen Tageslichtes“ entsprechen läßt. Damit besitzt die Xenon-Hochdrucklampe die wichtige Eigenschaft einer Lichtquelle für die Aufnahme und Wiedergabe von Farbfilmen.

**Betriebseigenschaften der Edelgas-Hochdrucklampe**

Die Edelgas-Hochdrucklampen besitzen noch eine Eigenschaft, die sie gegenüber den jetzt verwendeten Lichtquellen der Projektionstechnik auszeichnet: die Möglichkeit der Änderung der Lichtstärke in sehr weiten Grenzen bei Änderung der Lichtfarbe. Die Variationsmöglichkeit

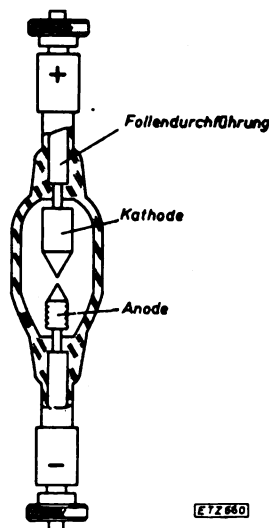


Bild 1. Xenon-Hochdrucklampe 300 W (Daten s. Tafel 1).

Lichtstärke geht so weit, daß man bei Verminderung der Stromstärke von z. B. 50 A auf einige Zehntel Ampere den zehntausendsten Teil der ursprünglichen Lichtstärke erhält. In den Grenzen, in denen man solche Lichtstärkevariationen praktisch durchführen würde, bleibt die Farbverteilung des Lichtes völlig unverändert.

Eine weitere günstige Eigenschaft bei der Edelgas-Hochdrucklampe ist ihre sofortige Betriebsbereitschaft. Die Edelgaslampe braucht keine Anlaufzeit wie die Quecksilber-Hochdrucklampe und sie besitzt nach dem Zünden sofort ihre volle Lichtstärke. Allerdings zündet die Lampe nicht an der gewöhnlichen Netzspannung, sondern erfordert Zündspannungen von einigen tausend Volt, ähnlich wie es bei der Wiederzündung einer Quecksilber-Hochdrucklampe in heißem Zustand der Fall ist. Verschiedene Gesichtspunkte: Verbilligung des Herstellungsverfahrens der Lampe, Vereinfachung des Lampenaufbaues und des Lampenschaltkreises, gaben den Ausschlag für die Wahl einer Zündanordnung, bei der eine besondere Zündsonde nicht erforderlich ist. Zur Zündung wird eine in geeigneter Weise erzeugte hochfrequente Hochspannung den beiden Stromzuführungen der Lampe direkt zugeführt, wobei das Abfließen der Hochfrequenz zum Netz einfach durch eine Hochfrequenzdrossel verhindert wird. Mit Hilfe eines Relais kann die Lampe beim Einschalten der Netzspannung automatisch gezündet und in gleicher Weise wiedergezündet werden. Über den Aufbau der Zündgeräte berichtet H. Ramert [12].

Bei der Durchführung der Arbeiten an den Edelgas-Hochdrucklampen ist der Verfasser besonders von Labor-

ingenieur K. Ittig, F. Michalk, Dipl.-Ing. H. Grabner und H. Ramert tatkräftig unterstützt worden.

### Zusammenfassung

Während die Entladungslampe bei der Allgemeinbeleuchtung schon weitgehend Eingang gefunden hat, spielte sie bisher in der Projektionstechnik aus verschiedenen Gründen noch eine untergeordnete Rolle. Es wird gezeigt, daß die Hochdruckentladung in Edelgas außer der schon bekannten Tageslichtähnlichkeit ihres Lichtes durch geeignete Anordnung der Elektroden, Ausbildung des Entladungsgefäßes und Anwendung von Wasserkühlung folgende für die Projektionstechnik wertvollen Eigenschaften erhält: hohe Werte der Leuchtdichte, der Lichtstärke und des Lichtstromes bei sofortiger Betriebsbereitschaft und konstanter tageslichtgleicher Lichtfarbe.

### Schrifttum

- [1] C. Bol: Ingenieur, Haag, 50 (1935) S. 91.
- [2] R. Rompe u. W. Thourret: Licht 14 (1944) S. 73 u. 102.
- [3] H. K. Bourne: Discharge Lamps. Chapman & Hall LTD, London 1948.
- [4] P. Schulz: Reichsb. f. Physik 1 (1944) S. 147; Ann. Phys. 6 (1947) S. 95.
- [5] J. N. Aldington: Trans. Illum. Engng. Soc. 14 (1949).
- [6] K. Larché: Physik. Verb. 6 (1950) S. 76.
- [7] K. Larché: Lichttechnik 2 (1950) S. 41.
- [8] Albrecht-Feußner: Jahresber. Observ. Potsdam 1938/39.
- [9] Albrecht: Meteorol. Z. 52 (1935) S. 454.
- [10] R. Herrmann: Strahlentherapie 76 (1947) S. 193.
- [11] R. Schulze: Lichttechn. 2 (1950) S. 155.
- [12] H. Ramert: ETZ 72 (1951) (Folgt in einem der nächsten Hefte).

## Die Elektrizitätsversorgung des Staates Victoria in Australien

Von G. K. M. Pfestorf, Melbourne

DK 621.311.1 (94)

**Übersicht.** Auch Australien entwickelt sich zu einem Industriestaat. Grundlage jeder Industrie ist ein ausreichendes Angebot an elektrischer Energie. In diesem Aufsatz wird auf die Elektrizitätswirtschaftliche Lage von Victoria, des dichtest-besiedelten und am weitesten industrialisierten Staates von Australien, eingegangen. Ferner werden die Energiequellen und die Kraftwerkspläne für die nahe Zukunft geschildert.

Für den Durchschnittseuropäer ist auch heute noch Australien ein Kontinent, von dem er sich keine rechte Vorstellung machen kann und selbst Menschen, die in der glücklichen Lage waren, einmal um die ganze Welt gereist zu sein, haben meist diesen Erdteil nicht berührt. Aber gerade er bietet nicht nur landschaftlich, geographisch, botanisch und zoologisch, sondern auch technisch viele Sehenswürdigkeiten, so daß ein Abstecher in den südlichen Teil des Pazifik sich durchaus lohnen würde. Eine aufblühende Fremdenindustrie trägt dem auch neuerdings Rechnung und man hofft, in den nächsten Jahren auf einen großen Zustrom von Reisenden. Australien ist ja nicht nur der Kontinent, der eine einzigartige Tier- und Pflanzenwelt besitzt, eine schwarze Eingeborenenbevölkerung aufzuweisen hat, von der behauptet wird, daß sie sich mit der weißen Rasse mischt, ohne Merkmale in späteren Generationen zu hinterlassen, sondern er ist auch der Kontinent, der zur Zeit eine ähnliche stürmische Entwicklung durchläuft, wie sie Amerika vielleicht vor 50 Jahren erlebt hat. Daher werden sich unter den Besuchern viele Techniker und Ingenieure befinden, deren Hauptinteresse auf die Elektrizitätsversorgung von Australien gerichtet ist. Diese ist der Lebensnerv und der Gradmesser jeder modernen Entwicklung.

Australien (Bild 1), ein Land von 7,9 Mio. km<sup>2</sup> Fläche, hat nur eine Bevölkerung von etwa 8 Millionen Menschen, die überwiegend in den Randzonen leben. Wie Amerika verdankt auch Australien seine industrielle Entwicklung dem Reichtum seines Landes. Immer aber wird für die Ausnutzung dieser Reichtümer und damit die Entwicklung des Landes die Elektrizitätserzeugung maßgebend sein und das ist der

Grund, weshalb man die Lösung dieser Aufgabe in Australien mit aller Energie fördert. Industriell wohl am meisten entwickelt von den 6 Staaten Australiens sind Victoria im Südosten und New South Wales im Osten.

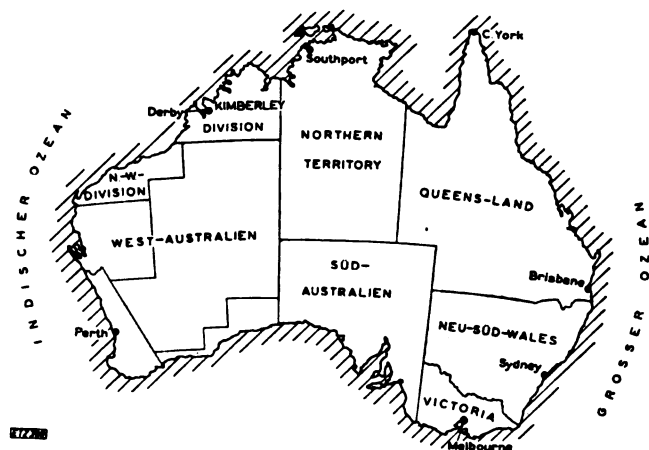


Bild 1. Übersichtskarte von Australien.

Victoria mit etwa 2,2 Mio. Einwohnern und New South Wales mit etwa 3,2 Mio. Einwohnern beherbergen einen starken Prozentsatz der Gesamtbevölkerung. Die Elektrizitätsversorgung von Victoria ruht in den Händen der State Electricity Commission of Victoria, einer öffentlich-rechtlichen Körperschaft. Sie hat die Hauptstadt Melbourne mit etwa 1,3 Mio. Einwohnern und Hauptsitz der Industrie, sowie einen landwirtschaftlichen Bezirk zu versorgen, der wegen seiner großen Ausdehnung und seiner geringen Bevölkerungsdichte beachtlich ist.

Einen Überblick über die Versorgung des Landes mit Energie gibt die Karte in Bild 2. Sie zeigt die durch Überlandleitungen verbundenen, dichter besiedelten Gebiete und die im Lande verstreuten teils staatlichen, teils privaten Kraftwerke. Der State Electricity Commission waren im

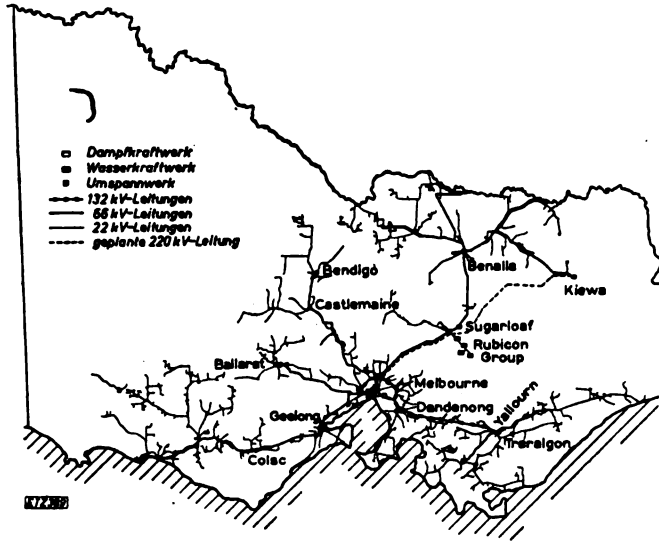


Bild 2. Das Starkstromnetz der SEC in Victoria.

letzten Jahre 523 500 Verbraucher angeschlossen. 391 000 von ihnen wurden durch die SEC unmittelbar beliefert, während der Rest an städtische oder sonstige Gemeindebehörden angeschlossen war, die als Großverbraucher ihrerseits die Energie von der SEC bezogen.

Eine Übersicht über den Verkauf an elektrischer Arbeit in den letzten 10 Jahren zeigt Bild 3, während Bild 4 das Wachsen der installierten Leistung darstellt. Wie aus dem

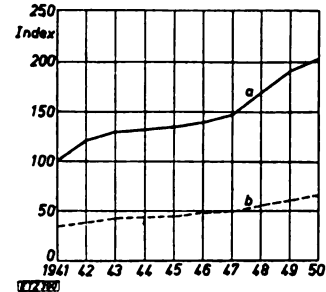


Bild 3. Entwicklung des Stromverbrauches in den letzten 10 Jahren.

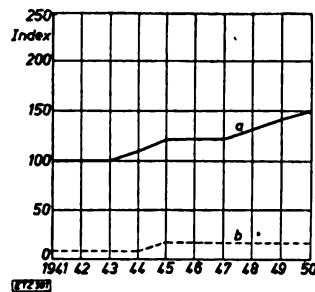


Bild 4. Installierte Leistung.

Vergleich der beiden Bilder hervorgeht, ist die installierte Leistung dem erhöhten Bedarf nicht ganz gefolgt. Die Zunahme der Verbraucher mit Ausnahme der Gebiete, die durch die oben erwähnten Großabnehmer versorgt werden, betrug im letzten Jahre 5,1%. 15 741 landwirtschaftliche Betriebe mit einer Zunahme von 1322 Betrieben = 8,4% im letzten Jahre waren angeschlossen. Im Gesamtnetz waren 96 150 Motoren mit einer Leistung von 388 000 kW in Betrieb.

Die rasche Steigerung des Bedarfes an elektrischer Energie ist eine der Hauptschwierigkeiten, denen die SEC gegenübersteht und sie hat Pläne reifen lassen, die europäischer und amerikanischer Ingenieurkunst gleichwertig sind. Energie wurde bisher zu etwa 90% in Dampfkraftwerken mit Brikett- oder Braunkohlenfeuerung erzeugt. Der Rest von 10% wird in Wasserkraftwerken gewonnen.

Nicht weit von Melbourne, in Morwell und Yallourn, befinden sich riesige Braunkohlenlager. Die Flöze haben eine Höhe bis zu 66 m in Yallourn und bis zu 126 m in Morwell. An beiden Stellen wird die Braunkohle im Tagebau gewonnen und teils zu Briketts verarbeitet, teils im Kraftwerk in unmittelbarer Nähe verfeuert. Die Braunkohlen-

förderung betrug im Jahre 1950 6,4 Mio. t und soll im Laufe der nächsten 6 Jahre auf 15 Mio. t gesteigert werden.

Die Gewinnung und Verarbeitung erfolgt nach Verfahren, die in Deutschland erarbeitet worden sind. Bagger mit einer Stundenförderung von 600 t sind teils von Deutschland bezogen, teils nach Unterlagen, die nach dem Kriege aus Deutschland nach Australien gebracht worden sind, in Australien gebaut worden. In Yallourn arbeitet eine Brikettfabrik seit 25 Jahren. Für die Eröffnung einer neuen Braunkohlengrube in Morwell sind die Gebäude und Maschinen für vier Brikettfabriken mit einer Jahresleistung von je 650 000 t Brikett in Deutschland bestellt worden. Die Generatoren und Kesselanlagen für die 4 Fabriken werden von England geliefert.

Das Kraftwerk für die Elektrizitätserzeugung aus Braunkohle befindet sich in Yallourn. Es wird in einigen Jahren das größte von ganz Australien, vielleicht sogar der südlichen Halbkugel werden mit einer geplanten Kapazität von 331 000 kW. Vier der jetzigen Generatoren mit insgesamt 50 000 kW sollen als Reserve dann außerdem beibehalten werden. Die augenblicklichen Erweiterungen betreffen die Errichtung einer vierten Generatorstation mit 2x100 000 kW; eine dritte Erweiterung mit nochmals 100 000 kW ist geplant, so daß Yallourn schließlich eine Kapazität von mehr als 500 000 kW (augenblicklich 175 000 kW) haben wird. Die erste Erweiterung soll 1954, die zweite 1956 in Betrieb sein, womit die gegenwärtige Leistung verdoppelt sein wird (2500 Mio. kWh). Für die Erweiterungen sind je 10 Mio. australische Pfund Sterling veranschlagt, für zusätzliche Kohlenförderung, Kraftübertragungsleitungen usw. weitere 6 Mio. Pfund Sterling. Jeder Generator wird sein eigenes Kesselhaus mit je 6 Kesseln haben. Der Dampfdruck ist mit 42 ata vorgesehen. Die bisherige Verbindung mit Melbourne durch eine 132 kV-Freileitung wird ergänzt werden durch eine Doppelleitung für 220 kV. Sie wird in Melbourne mit der neuen 220 kV-Freileitung vom Wasserkraftwerk Kiewa kommend verbunden werden. Die Yallourn-Werke haben zur Zeit insgesamt eine Flächenausdehnung von 22,4 km<sup>2</sup> bei einer Arbeiterbelegschaft von etwa 5300 Mann. Die Stadt Yallourn ist nach den modernsten Grundsätzen aufgebaut und wird durch die SEC verwaltet. Eine große Zahl von Neusiedlern aus England und Europa arbeiten mit an dem Riesenunternehmen.

Ein vielleicht noch größeres Projekt ist die Errichtung zusätzlicher Wasserkraftwerke in zwei Armen des Kiewa-Flusses, nach dem das Unternehmen „Kiewa Hydro Electric Scheme“ seinen Namen erhalten hat. 245 km weit wird die Energie durch eine 220 kV-Freileitung nach Melbourne geleitet werden. Die im Bau befindliche Leitung soll 1953 in Betrieb genommen werden, nachdem bis dahin zwei weitere Wasserkraftwerke im Kiewafluß in Betrieb genommen worden sind. Die jetzt vorhandene 66 kV-Freileitung wird dann den gesteigerten Anforderungen nicht mehr genügen.

Nach Vollendung wird das Kiewa-Unternehmen in 12 Kraftwerken eine installierte Leistung von 289 000 kW haben und im Mittel jährlich 1000 Mio. kWh liefern. Dafür werden die Wasser der australischen Alpen teils in sehr hoch gelegenen Staubecken gesammelt, teils durch sehr lange offene Kanäle den Kraftwerken zugeführt. Zum Ausheben der Kanäle sind Spezialmaschinen gebaut worden. Kraftwerk 3 ist seit 1944 in Betrieb, die Werke 4 und 5 sind im Bau. Der Auslaufstollen ist 6 m hoch und 4,80 m breit. Die Leistungen der einzelnen Kraftwerke sind wie folgt geplant: Werk 1 max. 60 000 kW, Werk 2 98 000 kW, Werk 3 26 000 kW, Werk 4 60 000 kW und Werk 5 32 000 kW. Die verbleibende alte Kraftstation, bekannt als „P“-Station, wird eine Leistung von 13 000 kW haben.

Große Schwierigkeiten sind bei der Errichtung der Kraftwerke zu überwinden, die teilweise recht hoch liegen, teilweise unterirdisch in Felsen eingesprengt sind. Lange Tunnel sind zu schlagen, die das Wasser aus den Staubecken zu den Turbinen bringen. In den unberührten und bis jetzt unbewohnten Gebirgstälern sind neue Dörfer und Siedlungs-

en für die Arbeiter und Ingenieure entstanden, die wie allouren als Mustersiedlungen errichtet worden sind. Am Auslauf des Kiewa in den Stauteich entsteht die neue Stadt Mount Beauty. Sie ist die erste Siedlung vor dem Einstieg in die Berge. Im Pretty Valley-Tal wird das große Staudammen des Kiewa Unternehmens mit einem Fassungsvermögen von 184 000 m<sup>3</sup> errichtet werden. Der See wird eine Oberfläche von 6,4 km<sup>2</sup> haben. Er liegt 1680 m über dem Meeresspiegel. Der Staudamm wird 63 m hoch sein. Neueste Benzinmaschinen werden installiert, die bei zwei Mannleistung 1800 t Zement in 8 Stunden liefern. Auch bei der Errichtung der 220 kV-Freileitung treten eine Reihe interessanter technischer Probleme auf: Stürme mit Windgeschwindigkeiten bis zu 112 km/h, Nebel und Vereisung sind zu überwinden. Mit all diesen in Bau befindlichen und geplanten Erweiterungen hofft die SEC allen Anforderungen an elektrische Energie in Victoria in der Zukunft gerecht werden zu können. Erzeugt wurden 1950 2363 Mio. kWh bei einem Maximum von mehr als 500 000 kW während der Wintermonate.

Interessant ist die preisliche Entwicklung. Trotz mehrerer Preiserhöhungen ist der mittlere Preis für eine Kilowattstunde nur 10% höher als im Jahre 1940. Im Haushaltsarif kostet die kWh 1,25 Pence, für Industriezwecke, je nach der Höhe des Verbrauches, etwa 1,075 d oder weniger, was bei einem Umrechnungskurs von 9,60 DM für 1 £ etwa 5 oder 4,3 Pfg./kWh entspricht.

Zum Schluß soll der Vollständigkeit halber erwähnt werden, daß in den frühen Wintermonaten Juli und August Einschränkungen im Elektrizitätsverbrauch nötig waren. Die Beleuchtung von Schaufenstern war teilweise untersagt, ebenso die Verwendung von elektrischen Heizkörpern für Raumheizung der Büros oder in Privathäusern während der Bürozeiten. Mit der weitgehenden Ausnutzung der Braunkohlenvorkommen und dem Ausbau der Wasserkraftwerke werden diese zeitweiligen Einschränkungen bald der Vergangenheit angehören. Im Gegensatz zu Deutschland, wo in solchen Fällen die Energieversorgung gewisser Teile ganz abgeschaltet wurde, genügte hier das stundenweise Verbot gewisser Raumheizkörper, ein Verbot, das anpassungsfähiger ist als die restlose Abschaltung ganzer Bezirke.

Die Zähler der elektrischen Anlage befinden sich im Gegensatz zu Deutschland in den Wohnbezirken außerhalb der Wohnung oder des Hauses, so daß sie von den Beamten des Werkes jederzeit abgelesen werden können. Dies gibt dem Werk die Möglichkeit, die Innehaltung der Elektrizitätsverbrauchsvorschriften durch Stichproben jederzeit zu kontrollieren. Die Disziplin ist jedoch so gut, daß dies praktisch nicht erforderlich ist.

Die elektrischen Anlagen sind entsprechend den englischen und australischen Errichtungsvorschriften sehr dauerhaft verlegt und die Innehaltung der Vorschriften wird überwacht. Wegen der Brandgefahr bei den Holzhäusern ist dies auch sehr berechtigt.

## Farbfernsehen in den USA

### Zusammenfassender Bericht

Von Erich Schwartz, Hamburg

DK 621.397.3 : 535.6 (73/79)

In einem früheren in dieser Zeitschrift erschienenen Bericht zur Fernsehtechnik<sup>1</sup> wurden zwei ältere Farbfernseh-Systeme genannt, das Simultansystem, bei dem drei den Grundfarben Grün, Rot, Blau übertragene Fernsehbilder gleichzeitig über drei getrennte hochfrequente Kanäle geleitet und am Empfangsort wieder übereinander projiziert werden und daneben das sog. Sequenzsystem der Columbia Broadcasting System, bei dem die drei Elementarfarbbilder in zeitlicher zyklischer Aufeinanderfolge übertragen wurden. In beiden Fällen ist die erforderliche Bandbreite gegenüber einem Schwarz-Weiß-Bilde erheblich vergrößert.

Die jüngere Entwicklung im Farbfernsehen hat sich vor dem der Aufgabe unterzogen, die erhöhte Bandbreite, die im Übergang vom schwarz-weißen zum farbigen Fernsehsehen grundsätzlich nötig zu sein schien, wieder einzusparen und die Übertragung eines farbigen Fernsehbildes in einem Kanal zu ermöglichen, der nicht breiter ist als im Falle des Schwarz-Weiß. Im Augenblick konkurrieren drei verschiedene Übertragungssysteme, die diese Bedingung erfüllen. Das ist das schon erwähnte Columbia Broadcasting System (CBS-System), das vollständige farbige Bilder sendet und einander anschließt. Die Elementarfarbe springt nach jedem vollen Bildraster. Daneben existiert das System der Color Television Incorporated (CTI-System). Bei ihm springt die Elementarfarbe nach jeder einzelnen durchlaufenen Zeile, und schließlich ist als modernstes System das der Radio Corporation of America (RCA-System) aufgetreten, bei dem die Elementarfarbe nach jedem einzelnen Bildpunkt springt.

Die amerikanische Farbfernseh-Entwicklung muß, wenn sie das weitgehend technisch eingeführte Schwarz-Weiß ablösen will, noch drei sehr erschwerende Nebenbedingungen erfüllen. Ein Farbfernsehsystem muß möglichst kompatibel sein, d. h. es soll möglich sein, ein farbig gesendetes

Bild als Schwarz-Weiß-Bild auf einem ganz normalen der heutigen Norm entsprechenden Schwarz-Weiß-Empfänger wiederzugeben. Das würde eine senderseitige Einführung des Farbfernsehens ermöglichen, ohne daß die bisher verkauften Schwarz-Weiß-Empfänger wertlos würden. Daneben soll ein alter Empfänger für ein neues Farbsystem möglichst adaptierbar sein, d. h. es soll mit einfachen Mitteln möglich sein, die bisher verkauften Schwarz-Weiß-Empfänger so umzubauen, daß man auf den alten Empfängern eine farbige Bildsendung als Schwarz-Weiß-Bild empfangen kann. Als letzte Forderung wird noch die Bedingung der Konvertierbarkeit erhoben, die es erlauben soll, die alten Schwarz-

Weiß-Geräte zu vollständigen Farbempfängern umzubauen. Diesen drei Bedingungen werden die verschiedenen konkurrierenden Systeme in verschiedenem Umfang und auf verschiedenem Wege gerecht.

In diesem Bericht sollen die drei Systeme kurz beschrieben und miteinander verglichen werden.

#### I. Das Farbfernseh-system des Columbia Broadcasting System (CBS-System)

Bild 1 gibt das Abtastverfahren beim CBS-System wieder. Bei rasterweise wechselnder Elementarfarbe

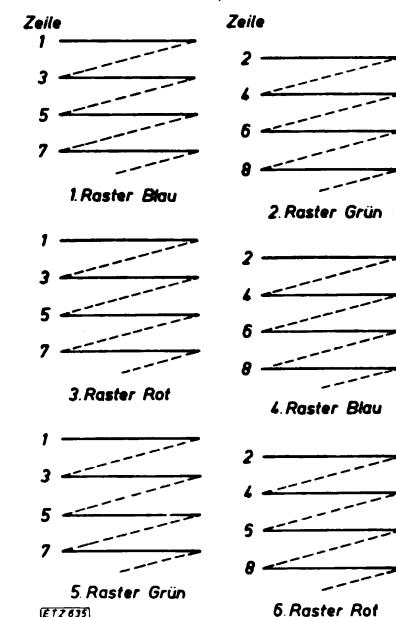


Bild 1. Das CBS-System.

<sup>1</sup> ETZ 70 (1949) S. 117.



werden die geradzahigen und ungeradzahigen Zeilen in wechselnder Rasterfolge übertragen, wie beim normalen Zwischenzeilenverfahren. Diesem Rasterwechsel im Zweiertakt überlagert sich nun der Elementarfarbenwechsel im Dreiertakt. Man braucht sechs Raster für ein Gesamtbild, während man beim normalen Schwarz-Weiß-Verfahren mit Zwischenzeile nur zwei braucht. Demnach wäre an sich die dreifache Bandbreite erforderlich, und man hat beim CBS-System die Zeilenzahl von 525 auf 405 heruntergesetzt. Das Bildflimmern ist deshalb sehr kritisch, weil bei der Übertragung eines Bildes, in dem eine Elementarfarbe überwiegt, die einzelnen Lichtimpulse nur mit dem dritten Teil der Rasterfrequenz aufeinander folgen, und man muß, wenn man das gleiche Verhältnis zwischen Flimmern und Bildhelligkeit erreichen will, die Rasterfrequenz eigentlich verdreifachen. Man hat sich aber mit dem 2,4fachen zufrieden gegeben, um die geometrische Auflösung im Bilde nicht zu sehr verschlechtern zu müssen. Das führt also gegenüber der genormten Rasterfrequenz 60 zum Wert 144. Bei sechs Rastern für ein Gesamtbild ist die Frequenz dieser Gesamtbilder gleich 144/6, d. h. gleich 24 Bildern/s.

Neben diesem einfachen CBS-System existiert noch eine Variante, bei der die Farbfolge ebenfalls rasterweise schwankt, bei dem aber jede Zeile nach dem Zwischenpunktverfahren unterbrochen, aufgeteilt und verschachtelt wird. Das Übertragungsschema zeigt Bild 2. Eine genauere Beschreibung des Zwischenpunktverfahrens wird an anderer Stelle gegeben und kann hier übergangen werden. Man braucht beim CBS-System mit Zwischenpunktverfahren zwölf Teilraster für ein Gesamtbild. Die Frequenz eines vollständigen Farbenbildes ist dann 144/12, also gleich 12 Gesamtbildern pro Sekunde.

Die Bildauflösung ist beim CBS-System erheblich geringer als im Schwarz-Weiß-Fall, sie beträgt nur 43% des normalen Wertes, aber im Falle der Variante mit Zwischenpunktsystem kommt sie bis auf 83% an die Schwarz-Weiß-Auflösung wieder heran. Wegen der veränderten Zeilen- und Bildwechselzahlen ist das System auf keinen Fall kompatibel.

Der beim CBS-System geschlossene Kompromiß zwischen der Kanalbeschränkung und der Leistungsfähigkeit des Systems geht also vor allem auf Kosten der Bildauflösung. Die Farbtreue ist beim CBS-System weitaus am besten. Man stellt die einzelnen Farbwerte dadurch her, daß man am Sender und Empfänger synchron umlaufende Farbfilter verwendet. Das hat gleichzeitig den Vorteil, daß die drei Elementarfarbbilder sich zwangsläufig decken, während es sehr schwierig ist, drei von getrennten Braunschönen Röhren erzeugte Bilder optisch sauber übereinander zu projizieren, ohne daß dabei Kongruenzfehler im Bilde entstünden. Andererseits ist es nachteilig, daß das CBS-System mechanisch umlaufende Teile benutzt, ähnlich wie die alte Nipkowscheibe.

**II. Das System der Color Television Incorporated (CTI-System)**

Bild 3 zeigt das benutzte Abtastschema. Die drei Grundfarben wechseln nach jeder vollen Zeile. Die Abbildung zeigt,

daß dabei zunächst die Gruppe der ungeradzahigen Zeilen dreimal nacheinander überlaufen wird, und anschließend wird in drei weiteren Rastern die Gruppe der geradzahigen Zeilen übertragen.

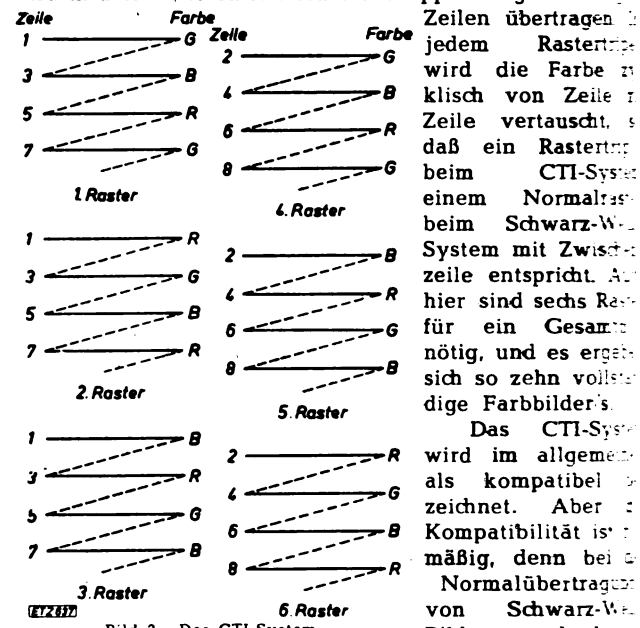


Bild 3. Das CTI-System.

die Raster mit gerader und ungerader Zeilenzahl sind ab. Bei der CTI-Übertragung mit ihrer dreifachen Übertragung der gleichen Zeilengruppe ergibt sich, daß zwar die erste und dritte Raster richtig, d. h. ebenso wie beim Schwarz-Weiß-Empfang die ungeradzahigen Zeilen erfaßt. In der richtigen Übereinstimmung liegt auch die Abtastung im zweiten und sechsten Raster bei den geradzahigen Zeilen. Aber das zweite und das fünfte Raster liegen beim CTI-System im Vergleich zur normalen Schwarz-Weiß-Sendung verkehrt, denn das zweite Raster im CTI-Falle betrifft die ungeradzahigen Zeilen und müßte für Schwarz-Weiß-Abtastung zu den geradzahigen gehören. Für das fünfte Raster gilt das Gleiche im umgekehrten Sinn. Wenn man also eine CTI-Sendung auf einem normalen Schwarz-Weiß-Empfänger wiedergeben will, so führt das zu einer Verschmierung benachbarter Zeilen, und wenn es auch möglich ist, eine CTI-Sendung auf einem Schwarz-Weiß-Empfänger zu reproduzieren, so ist doch die Bildschärfe dabei praktisch auf die Hälfte hergedrückt.

Um das CTI-System in den vorgeschriebenen und normierten Kanal hineinzuzwingen, ist zwar die Auflösung des Bildflimmern auf dem gleichen Wert wie im Schwarz-Weiß-Falle geblieben, aber die Periodendauer der Wellenfarbübertragung wird auf 10 Hz, d. h. auf den dritten Teil des bei Schwarz-Weiß üblichen Wertes gesenkt. Zusammen mit diesem niedrigen Wert treten kleinflächige Flickereffekte auf und zwar vor allem erhöhtes Zwischenzeilenflimmern und beachtliches Zeilenkriechen. Die drei Grundfarben werden auf getrennten Röhren oder auch auf getrennten Zonen des gleichen Leuchtschirms erzeugt, und das führt zu teilweise beachtlichen Schwierigkeiten bei der überdeckten Projektion. Die Ausnutzung des Hochfrequenzkanals ist nur mäßig, weil das Zwischenpunktsystem nicht angewendet ist und auch das Prinzip der mixed highs (vgl. unten) beim CTI-System nicht angewendet werden kann.

**III. Das System der Radio Corporation of America (RCA-System)**

Bild 4 zeigt das Abtastverfahren beim RCA-System, bei dem die drei Elementarfarben im Rhythmus der Bildpunktefolge zyklisch gewechselt werden. Das Abtastschema stimmt mit dem im Schwarz-Weiß-Betrieb normalisierten Zwischenzeilenverfahren überein, und insofern ist das Verfahren vollständig kompatibel, ohne daß ein Schärfeverlust wie beim CTI-System eintritt. Aber innerhalb jeder Zeile sind die Bildpunkte nicht stetig aneinander an, sondern werden als diskrete Einzelpunkte mit dazwischen liegenden Ab-



Das CTI-System hat etwas größere Möglichkeiten zu künftiger Entwicklung. Aber daneben muß man die grundsätzlichen Schranken beachten, die dem CTI-System gezogen sind (ungünstiges Abtastverfahren, Zwischenzeilenflimmern und die Unmöglichkeit, das Zwischenpunktverfahren zu benutzen).

Dem RCA-System bieten sich wahrscheinlich die besten Möglichkeiten einer Weiterentwicklung. Einwandfreie Bilddeckung, verbesserte Farbwiedergabe und die Konvertierbarkeit älterer Schwarz-Weiß-Geräte kann man hier als künftige Verbesserungen durchaus erwarten, aber im Augenblick wird sehr stark der Nachteil der schwierigen Bedienung hervorgehoben, die im jetzigen Zustand nur von geschultem Personal einwandfrei möglich ist.

Als wesentlicher Unsicherheitsfaktor schwebt über sämtlichen Systemen die Frage einer dreifarbigigen Braunschen Röhre, die zwar in begrenzter Zahl und als Laboratoriumsmodell vorliegt, von der man aber noch garnicht entfernt abschätzen kann, wann eine Massenherstellung möglich sein wird. Mit dieser neuen Röhre können alle drei Systeme verbessert werden, wobei aber andererseits auch wieder gewisse andere Vorteile hier und da aufgegeben werden müssen.

Das eingangs erwähnte alte Simultanverfahren scheint an der Frage der Kanalausnutzung vollkommen gescheitert zu sein. Dennoch propagiert die General Electric Company ein von Dome angegebenen Verfahren, mit dem das alte Simultanfernsehen wieder aufleben würde. Um eine gleich-

zeitige Übertragung der drei einzelnen Farbbilder im malen Kanal zu ermöglichen, sollen die drei Einzelbilder quenzmäßig ineinander geschachtelt werden (frequenzterlace). Man benutzt dabei die Tatsache, daß jede Fernsehsendung das verfügbare Frequenzband ungleichmäßig setzt, denn die in der Modulation auftretenden Frequenzen häufen sich um die verschiedenen Harmonischen der Lenfrequenz, während dazwischen beachtliche Bereiche leer bleiben und zur Aufnahme eines zweiten Farbbildes mit anderer Grundfarbe geeignet wären. Zweistufig dieses System bisher nur in Form von Vorversuch. Aber wenn sich im jetzigen Augenblick der Entwicklung noch eine wenig erprobte Idee in den Wettbewerb einbringen kann, so zeigt das, wie ungeklärt die Lage auf dem Fernsehgebiet im Augenblick noch ist.

#### Schrifttum

- [1] The present status of color television. Proc. Inst. Radio Engrs., 38 (1950) S. 980.
- [2] M. B. Sleeper: Report on color television. FM Televis. 1950, S. 11.
- [3] Wilson Boothroyd: Dot-systems of color television. Electronics 22 (1949) Dez., S. 88, 23 (1950) Jan., S. 96.
- [4] E. W. Engstrom: How RCA's color television works, FM Televis. Okt. 1949, S. 11, 15 u. 30.
- [5] A. V. Bedford: Mixed highs in color television. Proc. Inst. Engrs., N. Y. 38 (1950) S. 1003.
- [6] RCA three picture tubes. FM Televis. Juni 1950, S. 15, 36, 38.
- [7] R. B. Dome: Frequency interlace color television. Electronics (1950) Sept., S. 70.

## Wirtschaftlicher Transport auf Binnenwasserstraßen durch elektrischen Antrieb mittels Oberleitung

Es werden Überlegungen angestellt, wie die Wirtschaftlichkeit des Gütertransportes auf Binnenwasserstraßen unter Berücksichtigung der Antriebsenergieversorgung erhöht werden kann<sup>1</sup>. Da der Hauptnachteil dieser Verkehrsart in der relativ kleinen Transportgeschwindigkeit liegt, sind vor allem eine Erhöhung der Geschwindigkeit bis zur maximal zulässigen Grenze und ein sehr billiger, wirtschaftlicher Schiffsantrieb anzustreben, um die Konkurrenzfähigkeit gegenüber Eisenbahn und Fernlastverkehr zu gewährleisten.

Ideal erscheint ein Betrieb mit elektrischer Energie, da der Wirkungsgrad moderner elektrischer Großkraftwerke weit über dem einer Kleinanlage, wie z. B. der Dampfmaschine eines Schleppers, liegt und gegenüber Otto- und Dieselmotoren die Notwendigkeit des Importes der hierfür benötigten Brennstoffe fortfällt.

Der an sich möglichen Verwendung von Akkumulatorenbatterien steht der große Nachteil des damit verbundenen hohen Eigengewichtes, Raumbedarfs und kleinen Aktionsradius, sowie hoher Amortisationskosten entgegen. Außerdem erfordern diese Anlagen eine sorgsame Wartung, um die Lebensdauer und Betriebssicherheit der Batterien zu erhalten.

Da der elektrische Antrieb als der günstigste erscheint, liegt der Gedanke nahe, die Energie mit Oberleitung zuzuführen, zumal dabei noch die Möglichkeit der wirtschaftlichen Erzeugung der elektrischen Energie in Großkraftwerken voll ausgenutzt wird.

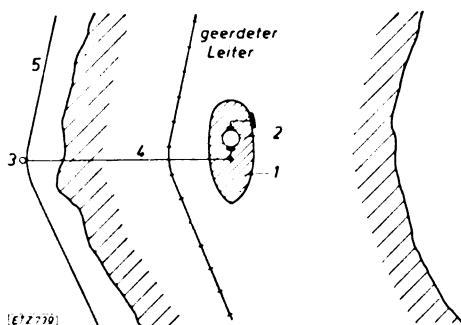


Bild 1. Die Stromzuführung zum Schiff.

Eine Möglichkeit der praktischen Durchführung ist Bild 1 dargestellt. Das mit elektrischem Antriebsmotor ausgestattete Schiff 1 ist mittels des Stromabnehmers 3 das Zuführungskabel 4 mit der Fahrleitung 5 elektrisch verbunden. Dabei kann die Fahrleitung zweipolig ausgeführt sein oder aber auch nur einpolig, wobei der 2. Pol als drehender Leiter in die Fahrwinde gelegt wird und somit gute Erdung gewährleistet ist. Der Wasserwiderstand soll klein gehalten, wenn großflächige Elektroden außen angebracht werden. Für den Betrieb kommt ausschließlich Wechselstrom in Frage, da hierbei keine elektrolytischen Materialwanderungen auftreten. Eine Schädigung der Wasser lebenden Tier- und Pflanzenwelt ist bei den hier betrachteten Stromdichten nach den Erfahrungen beim elektrischen Fischfang nicht zu befürchten.

Die Fahrleitung kann entweder oberhalb der Fahrwinde oder auch seitlich am Ufer angebracht werden. In Anbetracht der niedrigeren Anlagekosten erscheint letzteres günstiger. Eine selbsttätige Kurssteuerung kann dabei leicht verwirklicht werden, wenn man das Zuführungskabel durch eine Drahtseilbahn straff hält und etwaige Längenänderungen des Kabels durch elektrische Schaltorgane so in Kursänderungen überführt, daß stets die gleiche Länge des Kabels erhalten bleibt.

Bei Störungen an der elektrischen Anlage oder zur Nutzung nicht elektrifizierter Wasserwege müßte ein Dieselmotor für flüssige oder gasförmige Treibstoffe eingesetzt werden, da die Anwendung von Akkumulatoren aus oben angeführten Gründen nicht geboten erscheint.

Das beschriebene Verfahren würde eine wesentliche Verbesserung darstellen und einen großzügigen Ausbau des Binnenschiffsverkehrs erlauben. Man könnte sehr schnell Frachtschiffe in dichter Reihenfolge einsetzen. Mit der Frequenztelefonie ist ein Gegensprechverkehr über vorhandenen Leitungen ohne großen technischen Aufwand möglich.

Abschließend werden noch Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und die Amortisation der gesamten Anlage angestellt, die zu dem Schluß führen, daß der Aufwand für eine Elektrifizierung zweifellos dann geringer wird, wenn der Transport auf Binnenwasserstraßen intensiv wird. Das ist zu erreichen, wenn die Geschwindigkeit bis zur maximal möglichen Grenze für den betreffenden Wasserlauf gesteigert werden kann.

<sup>1</sup> H. H. Rust: Hansa 82 (1950) S. 1003; 2 S., 3 B.

# Drehmomenteinsattelungen, Störtöne und Rüttelkräfte bei Kurzschlußläufer-Motoren als Folge unzuweckmäßiger Läufernutenzahlen

Von A. Drehmann, Aachen, und L. Lenninger, Duisburg

DK 621.313.333.2.042.3

**Übersicht.** Wird bei einem Kurzschlußläufer-Motor die Läufernutenzahl unzuweckmäßig gewählt, so treten beim Anlauf oder Betrieb des Motors Störerscheinungen auf, die nachstehend beschrieben sind. Die genaue Voraussage der zu erwartenden Störerscheinungen ist bis heute problematisch. Nachstehend werden die Ergebnisse eingehender praktischer und theoretischer Untersuchungen erläutert, die über den bisher veröffentlichten Stand der Erkenntnis hinaus ein besonders klares Bild der erwartenden Störerscheinungen geben sollen.

Bei dem Entwurf eines Kurzschlußläufer-Motors scheint gegenüber der hauptsächlich durch die Phasenzahl und die Polzahl bedingten Ständernutzahl eine gewisse Freizügigkeit in der Wahl der Läufernutenzahl eingeräumt. Diese Freizügigkeit wird in der Praxis jedoch durch das Auftreten von nicht ohne weiteres vorhersehbaren Störungen an der Maschine weitgehend eingeschränkt. Diese Störungen treten in Form von Drehmomenteinsattelungen im Stillstand und Anlauf, von Rüttelkräften und unerwünschter Schallbildung im Bereich der stärksten Gehörsempfindlichkeit auf.

Das Problem der zweckmäßigsten Läufernutenzahl ist so wichtig wie der Bau der Kurzschlußläufer-Motoren selbst. Es geht darum auch nicht an Veröffentlichungen auf diesem Gebiet, die im Laufe der Jahre zur Aufstellung mehr oder weniger allgemeingültiger Regeln geführt haben, die sich in der Praxis bewährt haben. Wenn die Verfasser sich trotzdem diesem Thema in einer neuen Veröffentlichung zuwenden, so ist dies aus dem Grunde, weil es möglich erscheint, die genannten Störerscheinungen noch allgemeingültiger als bisher als Funktion aller denkbaren Läufernutenzahlen darzustellen und vorherzusagen. Die hierbei erhaltenen Endergebnisse decken sich mit allen den Verfassern bekannten Störungsergebnissen.

Mit einer leistungsfähigen Theorie der Störerscheinungen bei Drehstrom-Kurzschlußläufer-Motoren muß es gelingen, beispielsweise die beobachtbaren Störtonfrequenzen der bei Satteldrehzahlen eindeutig vorherzusagen. Hierbei ist bisher wenig bekannt geworden. Für die Störtonfrequenzen hat Jordan erstmalig eine Formel angegeben. Unabhängig hiervon gelangte der erstgenannte Verfasser ebenfalls zu einer praktisch brauchbaren Formel, die sich jedoch als theoretisch nicht vollkommen exakt herausstellte. Weiterhin läßt sich ein bestimmter Zusammenhang zwischen Läufernutenzahl und Störtonfrequenz feststellen, der in der vorliegenden Arbeit nicht zum Ausdruck kommt.

Die Gedankengänge, die zu theoretisch einwandfreien Formeln für die störanfälligen Nutenzahlen führen, sind recht verwickelt und haben für den Praktiker keine Bedeutung mehr, nachdem die Endformeln erreicht sind. Sie sollen daher erst in einer späteren Arbeit gebracht werden. Der Praktiker möchte wissen, welche Nutenzahlen sind störanfällig und wie weit deckt sich die Vorhersage mit der Erfahrung. Der Theoretiker fragt nach den Ursachen dieser Erscheinungen und ist erst befriedigt, wenn die aus den angenommenen Ursachen sich ergebenden Folgerungen in einer geschlossenen mathematischen Form dargestellt sind. Die nachfolgenden Endergebnisse dürften jedem dieser Ansprüche gerecht werden. Den Verfassern ist kein Fall bekannt, in dem die Ergebnisse der Theorie mit den tatsächlichen Erscheinungen in Widerspruch stünden. Andererseits läßt die Form der Endergebnisse keine weiteren mathematischen Möglichkeiten offen.

Betrachten wir zunächst die Störung des Anlaufs durch Drehmomenteinsattelungen. In einem Drehstrommotor sind neben der Grundwelle zahlreiche Feldoberwellen vorhanden, die bei bestimmten Läufernutenzahlen paarweise die gleiche Polzahl besitzen können. Diese Feldoberwellenpaare bestehen entweder aus einer Ständer- und einer Läuferoberwelle oder aber auch aus zwei Läuferoberwellen. Bei Hochlauf des Motors geraten alle Feldoberwellen mit

paarweise gleicher Polzahl bei der gleichen Motordrehzahl in Synchronismus und bilden auf diese Weise gemeinsam einen Drehmomentsattel. Jeder Drehmomentsattel besteht also aus einer ganzen Reihe einzelner Synchronpunkte von paarweise in Synchronismus miteinander stehenden Feldoberwellen. Drehmomentsättel treten nur auf, wenn die Differenz der Ständer- und Läufernutenzahl ein ganzes Vielfaches der Polpaarzahl  $p$  ist. Für die Polpaarzahlen der bei der gemeinsamen Satteldrehzahl synchron laufenden Oberfelder gilt Bild 1. Man erkennt, daß es mit der größten Regelmäßigkeit aufgebaut ist, die eine Erweiterung des Bildes auf alle denkbaren Läufernutenzahlen und Feldoberwellen gestattet. Sattelercheinungen, die im Brems-Drehzahlbereich auftreten, sind praktisch bedeutungslos und sollen bei der weiteren Betrachtung außer Acht gelassen werden.

Praktisch bemerkbar machen sich nur diejenigen Satteldrehzahlen, bei deren Entstehung mindestens eine Nutenharmonische des Ständers mitspielt. Man erkennt aus Bild 1, daß nur bei den Läufernutenzahlen, die Sattelbildung im Stillstand hervorrufen, mehr als eine, nämlich zwei Nutenharmonische bei der gleichen Satteldrehzahl mitwirken. Die Nutenharmonischen des Ständers sind ganz besonders stark ausgeprägte Oberfelder, deren Sonderstellung durch den regelmäßigen Wechsel von Zahnücke und Zahnkopf zu erklären ist. Weiter erkennt man aus Bild 1, daß bis auf eine Ausnahme die Nutenharmonischen immer an der Entstehung nur eines der beiden bei Satteldrehzahl synchron laufenden Oberfelder beteiligt sind, die jeweils zusammen einen Synchronpunkt bilden. Die einzige Ausnahme hiervon tritt auf, wenn die Läufernutenzahl gleich der Ständernutzahl ist.

Läufernutenzahl	Polpaarzahl der bei der Satteldrehzahl synchron laufenden Oberfeldpaare:												
	$p$	$2p$	$3p$	$4p$	$5p$	$6p$	$7p$	$8p$	$9p$	$10p$	$11p$	$12p$	$13p$
$N+10p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+9p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+8p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+7p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+6p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+5p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+4p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+3p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+2p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N+p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-2p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-3p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-4p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-5p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-6p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-7p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-8p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-9p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$N-10p$	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- = Sattelbildung im Stillstand
- = Sattelbildung im motorischen Drehzahlbereich
- = Sattelbildung im Bremsdrehzahlbereich (Lauf gegen das Drehfeld)

Bei gleicher Läufernutenzahl treten alle gleichartig gekennzeichneten Synchronpunkte bei der gleichen Satteldrehzahl auf  
 $N$  Ständernutzahl  
 $p$  Polpaarzahl  
 $/$  Oberfeldpaare, bei denen eins der beiden bei Satteldrehzahl synchron laufenden Oberfelder durch ein Nutzungsoberfeld erster Ordnung des Ständers erzeugt wird, d. h. besonders kräftige Sattelbildung.  
 Bild 1. Übersichtliche Darstellung der Oberfeldpaare, die Synchronpunkte bilden.

Hier werden beide im Stillstand synchron laufenden Oberfelder des ersten Synchronpunktes von Nutenharmonischen des Ständers erzeugt, so daß eine äußerst starke Sattelbildung die Folge ist.

Bei den übrigen Läufernutenzahlen wird die Sattelbildung um so stärker sein, je stärker die von der Nutenharmonischen erzeugte Feldoberwelle, d. h. je kleiner ihre Polpaarzahl ist. Man gelangt auf diese Weise zu einer Beurteilung der Stärke der Sattelbildung, die in Bild 1 durch die eingeschriebenen Zahlen angedeutet und in Tafel 2 gesondert dargestellt ist. In Tafel 2 ist auch die Größe der Satteldrehzahl angegeben, die Tafel 1 entnommen wurde.

Tafel 1. Satteldrehzahlen im Motorbereich.

Läufernutenzahl	Satteldrehzahl im Motorbereich
$N + 10p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N + 9p$	0
$N + 8p$	$\frac{2 n_0 p}{S}$
$N + 7p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N + 6p$	0
$N + 5p$	keine
$N + 4p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N + 3p$	0
$N + 2p$	$\frac{2 n_0 p}{S}$
$N + p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N$	0
$N - p$	keine
$N - 2p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N - 3p$	0
$N - 4p$	$\frac{2 n_0 p}{S}$
$N - 5p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N - 6p$	0
$N - 7p$	keine
$N - 8p$	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$
$N - 9p$	0
$N - 10p$	

$N$  Ständernutzanzahl  
 $p$  Polpaarzahl  
 $S$  Läufernutenzahl (Stabzahl)  
 $n_0$  synchrone Drehzahl

Tafel 2. Läufernutenzahlen, die Sattelmomente im motorischen Drehzahlbereich ergeben (Auszug aus Bild 1).

Ordnungszahl der Sattelgröße	1	2	3	4	5
Polpaarzahl des stärksten Sattelfeldes	$p$	$p$	$2p$	$3p$	$5p$
Satteldrehzahl	0	$\frac{2 n_0 p}{S}$	0	$\frac{n_0 \cdot p}{S}$	$\frac{2 n_0 p}{S}$
unzulässige Läufernutenzahl $S$	$N$	$N + 2p$	$N \pm 3p$	$\frac{N + 4p}{N - 2p}$	$N \pm 6p$

$N$  Ständernutzanzahl,  $n_0$  synchrone Drehzahl,  $p$  Polpaarzahl der Grundwelle.

Die Sattelbildung beruht auf dem Synchronlauf bestimmter Oberfelder. Daneben gibt es noch asynchrone Sattelbildung, die unabhängig von der Läufernutenzahl stets bei  $1/7$ ;  $1/11$ ;  $1/13$  usw. der synchronen Drehzahl auftritt. Besonders gefährlich ist das Zusammenfallen der synchronen und asynchronen Satteldrehzahl.

Vergleichen wir nunmehr die zunächst ohne theoretische Ableitung gebrachten Endergebnisse mit dem vorliegenden Beobachtungsmaterial, wobei nach der Ordnungszahl der Sattelgröße vorgegangen werden kann:

1.  $S = N$ : Es ist bekannt, daß man die Läufernutenzahl nicht gleich der Ständernutzanzahl wählen darf, deshalb liegen hierüber keine Beobachtungen aus neuerer Zeit vor.

2.  $S = N + 2p$ : Bei  $p = 2$  ergibt das Nutzenverhältnis  $N = 24$ ,  $S = 28$  sehr starke Sattelbildung, auch das Verhältnis  $N = 48$ ,  $S = 52$  zeigt einen ausgeprägten Drehmoment-sattel. In beiden Fällen entspricht die beobachtete Satteldrehzahl der angegebenen Formel.

3.  $S = N \pm 3p$ : Das Nutzenverhältnis  $N = 24$ ,  $S = 30$  liefert bei  $p=2$  mangelhaftes Anzugsmoment im Stillstand. Für  $S = N - 3p$  ist kein Beispiel bekannt.

4.  $S = N + 4p$ ,  $S = N - 2p$ : Bei  $p = 2$  zeigte das Nutzenverhältnis  $N = 36$ ,  $S = 44$  eine mäßige Sattelbildung genau bei der nach der Formel errechneten Drehzahl. Mit  $N = 36$ ,  $S = 32$  war keine auffällige Sattelbildung zu beobachten.

5.  $S = N \pm 6p$ : Das Nutzenverhältnis  $N = 48$ ,  $S = 60$  mit  $p = 2$  zeigte unzureichendes Anzugsmoment im Stillstand. Für  $S = N - 6p$  liegt keine Beobachtung vor.

$S = N - 4p$ : Diese Sattelbildung fünfter Ordnung ist bereits so gering, daß mit  $N = 36$ ,  $S = 28$  bei  $p = 2$  keine Sattelbildung beobachtet werden konnte, obwohl eingehend danach gesucht wurde.

Man sieht also, daß die theoretisch vorhergesagten Satteldrehzahlen weitgehend mit der praktischen Erfahrung übereinstimmen. Ob die vorhergesagte Satteldrehzahl tatsächlich schon beim einfachen Hochlaufversuch in Erscheinung tritt, hängt allerdings noch von anderen Umständen hauptsächlich von der Größe des Läuferwiderstandes ab. Umgekehrt können auch bei Nutenzahlen, die nach vorstehender Darstellung einwandfrei sind, zu kleiner Läuferwiderstand, mangelhafte Stromverdrängung oder einzelnschlecht verschweißte Läuferstäbe eine Schleicherscheinung hervorrufen, die von einer Satteldrehzahl entsprechend vorstehender Darstellung nicht ohne weiteres zu unterscheiden ist. Diese Verquickung bringt es mit, daß das ganze Gebiet sich gegenüber einer theoretischen Klärung sehr spröde verhält. Ein Mittel, um die Ursache einer beobachteten Schleicherscheinung und damit einen Weg zur Abhilfe zu erkennen bildet die Messung der Schleichdrehzahl und ihr Vergleich mit den vorstehend angegebenen Formeln. Bei fehlender Übereinstimmung liegt eine Schleicherscheinung aus den zuletzt genannten Gründen vor, die durch eine Änderung der Läufernutenzahl normalerweise nicht behoben werden kann.

Gehen wir nunmehr zu der Störerscheinung über, die auf der Aussendung eines unzulässig starken singulären oder heulenden Tones beruht. Schwingungen des Ständerblechpaketes, die diese Töne erzeugen, werden elektromagnetisch angestoßen, jedoch genügt der Anstoß allein für die Tonerzeugung noch nicht, es ist weiterhin erforderlich, daß das Ständerblechpaket in der angestoßenen Schwingungsform mit der Stoßzahl in Resonanz steht. Es kann eine Schwingungsform mit 4, 6, 8 oder noch mehr Knoten längs des Umfangs des Ständerblechpaketes in Frage kommen. Die elektromagnetische Stoßzahl für alle diese Schwingungsformen ist nahezu dieselbe, die mechanischen Resonanzfrequenzen weichen jedoch sehr stark voneinander ab. Diejenige Schwingungsform nebst der zugehörigen Läufernutenzahl wird zu vermeiden sein, bei der die mechanische Resonanzfrequenz annähernd mit der elektromagnetischen Störtonfrequenz zusammenfällt. Für die Schwingungsform, die zugehörigen Läufernutenzahlen und Störtonfrequenzen sind in Tafel 3 dargestellte Zusammenhang, wobei die Formel für die Störtonfrequenz der Jordanschen Arbeit entnommen wurde<sup>1</sup>.

Welche von den angegebenen Knotenzahlen der Störerschwingung auf Resonanz mit der Störtonfrequenz führt, mag aus einer überschlüssigen Berechnung der mechanischen Resonanzfrequenz entnommen werden. Bedeutet  $h$  die Rück-

<sup>1</sup> H. Jordan: Angenäherte Berechnung des magnetischen Geräusches von Käfigläufermotoren. ETZ 71 (1950) H. 18, S. 491.



höhe des Ständerblechpakets,  $a$  den Abstand zwischen zwei Knoten, so gilt für die mechanische Resonanzfrequenz  $f$  die Formel

$$f = \frac{(1 \dots 3) \cdot 10^5 \cdot h}{a^2} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Hiernach können in jedem Falle die Schwingungsformen ermittelt werden, deren mechanische Frequenzen sich in dem Bereich der stärksten Gehörsempfindlichkeit decken, es sind etwa 500 ... 1500 Schwingungen/s. Dies ist gleichbedeutend mit dem Bereich, in dem sich die elektromagnetischen Stör-

Tafel 3. Läufernutenzahlen, die Störtöne hervorrufen können.

Störtonfrequenz	Knotenzahl der Störschwingung des Ständerückens oder der Geh.-Wandung		
	4	6	8 usw.
$f_N \cdot \left[ \frac{S}{p} \cdot \frac{n}{n_0} - 2 \right]$	$N + 2p \pm 2$	$N + 2p \pm 3$	$N + 2p \pm 4$
$f_N \cdot \frac{S}{p} \cdot \frac{n}{n_0}$	$N \pm 2$	$N \pm 3$	$N \pm 4$
$f_N \cdot \left[ \frac{S}{p} \cdot \frac{n}{n_0} + 2 \right]$	$N - 2p \pm 2$	$N - 2p \pm 3$	$N - 2p \pm 4$

$f_N$  Netzfrequenz  $n$  Betriebsdrehzahl

Die Störtöne treten nur auf, wenn Resonanz mit dem Ständerücken oder der Gehäusewandung vorliegt. Die Eigenfrequenz des Ständerückens ist der Gehäusewandung ist sehr stark von der Knotenzahl der Schwingung abhängig. Nur diejenigen Läufernutenzahlen sind gefährlich, deren gehörige Ständerfrequenz in die Nähe der angegebenen Störtonfrequenz fällt. Die hierbei vorliegende Knotenzahl der Störschwingung ist umso größer, je größer der Motor und je schwächer der Rücken des Blechpakets ist.

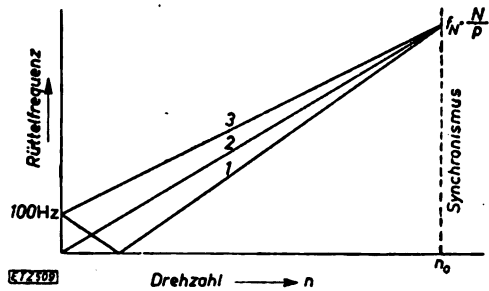
Die Resonanzfrequenzen äußerstenfalls bewegen. Die nach Tafel 3 angegebenen Läufernutenzahlen sind zu vermeiden. Im allgemeinen sind bei kleineren Motoren die Läufernutenzahlen unzulässig, die 4 oder 6, bei mittleren Motoren diejenigen, die 6 oder 8 Schwingungsknoten des Ständerblechpakets geben.

An der angegebenen Formel für die mechanische Resonanzfrequenz ist noch Folgendes bemerkenswert: Wird ein kleiner Motor proportional vergrößert, so bleibt das Verhältnis  $h/a$  konstant. Man erkennt, daß hierbei die Resonanzfrequenz gemäß vorstehender Formel sinkt. Dies bedeutet, daß eine Läufernutenzahl, die sich bei einem kleineren Motor als einwandfrei erwiesen hat, bei der Übertragung auf einen entsprechenden Motor größerer Leistung zum Verhängnis durch einen unzulässigen Störton werden kann. Auf diesen Umstand hat bereits Jordan nachdrücklich hingewiesen.

Nunmehr können einige Beispiele genannt werden, in denen die gemessene Störtonfrequenz mit der nach der angegebenen Formel berechneten übereinstimmt:

- Vier Schwingungsknoten des Ständerblechpakets:  
 $S = 84, p = 4$ :  $S = N - 2p - 2$   
 gemessene Störtonfrequenz: 1035 Hz  
 berechnete Störtonfrequenz: 1025 Hz (Schlupf = 0%).  
 $S = 36, p = 3$ :  $S = N - 2p - 2$   
 gemessene Störtonfrequenz: 550 Hz  
 berechnete Störtonfrequenz: 565 Hz (Schlupf = 0%).
- Sechs Schwingungsknoten des Ständerblechpakets:  
 liegen keine Beispiele vor.
- Acht Schwingungsknoten des Ständerblechpakets:  
 $S = 108, p = 6$ :  $S = N + 2p + 4$   
 gemessene Störtonfrequenz: 870 Hz  
 berechnete Störtonfrequenz: 900 Hz (Schlupf = 3,3%).  
 $S = 90, p = 5$ :  $S = N - 2p - 4$   
 gemessene Störtonfrequenz: 850 Hz  
 berechnete Störtonfrequenz: 850 Hz (Schlupf = 1%).

4. Höhere Schwingungsknotenzahlen können vorkommen, wenn nicht das Ständerblechpaket, sondern ein gegebenenfalls vorhandener Gehäuseblechmantel in Schwingungen gerät. Die zugeordnete Läufernutenzahl läßt sich sehr leicht der Tafel 3 entnehmen, wenn sie für höhere Schwingungsknotenzahlen sinngemäß ergänzt wird. In solchen Fällen empfiehlt sich nicht eine Abänderung der Läufernutenzahl, sondern eher eine Änderung der Wandstärke des Blechmantels. Sofern die gemessene Störtonfrequenz von der berechneten Störtonfrequenz nach oben oder nach unten abweicht, kann durch Verstärkung oder Schwächung des Blechmantels die Abweichung noch mehr vergrößert und auf diese Weise der Störton unterdrückt werden.



Die niedrigen Werte der Rüttelfrequenz bei Kurve 1 erklären, daß die Läufernutenzahlen  $N + 2p \pm 1$  bisweilen ausgeführt werden und sich als praktisch brauchbar erweisen.

Verlauf der Rüttelfrequenz nach Kurve	Rüttelfrequenz des Läufers	unzulässige Läufernutenzahl S
1	$f_N \cdot \left[ \frac{S \mp 1}{p} \cdot \frac{n}{n_0} - 2 \right] = f_N \cdot \left[ \frac{N + 2p}{p} \cdot \frac{n}{n_0} - 2 \right]$	$N + 2p \pm 1$
2	$f_N \cdot \frac{S \mp 1}{p} \cdot \frac{n}{n_0} = f_N \cdot \frac{N}{p} \cdot \frac{n}{n_0}$	$N \pm 1$
3	$f_N \cdot \left[ \frac{S \mp 1}{p} \cdot \frac{n}{n_0} + 2 \right] = f_N \cdot \left[ \frac{N - 2p}{p} \cdot \frac{n}{n_0} + 2 \right]$	$N - 2p \pm 1$

Bild 2. Läufernutenzahlen, die Rüttelkräfte ergeben.

Für die Erscheinung der Rüttelkräfte gilt der in Bild 2 dargestellte Zusammenhang. Rüttelkräfte treten nur bei ungeraden Läufernutenzahlen auf. Da man aus diesem Grunde von der Verwendung ungerader Läufernutenzahlen weitgehend abgesehen ist, hat die Erscheinung der Rüttelkräfte heute keine große praktische Bedeutung mehr. Die Aufzählung von Beispielen kann daher entfallen.

Den in den Bildern und Tafeln dargestellten Ergebnissen liegen die Nutungsoberränder des Ständers sowie deren Nutungsoberränder im Läufer zugrunde. Bei Läufernutenzahlen, die mehr als etwa  $\pm 30\%$  von der Ständernutenzahl abweichen, treten im Läufer auch die Oberfelder stark in Erscheinung, die gleiche Polzahl wie die induzierenden Ständerfelder besitzen. Diese Läufernutenzahlen sind daher von vornherein möglichst zu vermeiden.

**Zusammenfassung**

Es werden Regeln erläutert, nach denen Drehmomentensattelungen, Störtöne und Rüttelkräfte vorhergesagt werden können. Die Regeln beruhen auf theoretischen Überlegungen und zeichnen sich durch besondere Übersichtlichkeit aus. Die Vorhersage bezieht sich auch auf die Größe der Satteldrehzahlen und auf die Höhe der Störtöne. Die Ergebnisse gelten für alle denkbaren Nutkombinationen und werden durch praktische Beispiele erhärtet. Der Einfluß von Sättigungsoberrändern wurde nicht berücksichtigt.

## Wie steht es um den Elektropflug?

Von W. Kind, Berlin

DK 621.34 : 631.311

**Übersicht.** Das elektrische Pflügen wird bis jetzt im In- und Ausland in der landwirtschaftlichen Praxis noch wenig angewendet. Hier werden die Gründe dafür sowie die Vor- und Nachteile des elektrischen Antriebes von Bodenbearbeitungsmaschinen geschildert. Zwei bewährte Bauarten werden vorgeschlagen, der Kleinseilpflug und der Einachs-Schlepper mit selbsttätig auf- und abrollender Zuleitung.

Seit W. v. Siemens im Jahre 1880 das erste Patent auf einen elektrisch angetriebenen Pflug anmeldete, hat dieses Problem immer wieder die Techniker beschäftigt. Vor dem ersten Weltkrieg verfolgte man dabei die Absicht, die Lokomobilen der Dampfpflugsätze durch elektrisch angetriebene Windewagen zu ersetzen. Nach dem Krieg eroberte sich der Schlepper das Feld im wahrsten Sinne des Wortes und entsprechend mußten die Verfechter des elektrischen Antriebes bei der Bodenbearbeitung ihre Aufgabe darin sehen, eine elektrische Konkurrenz für den Schlepper mit Verbrennungsmotor zu schaffen.

Auch die Gründe für diese Bemühungen wechselten im Laufe der Zeit. Zuerst suchte die schnell aufblühende Elektrotechnik neue und natürlich auch erfolgreiche Anwendungsmöglichkeiten für den elektrischen Antrieb zu schaffen. Diese Absicht lag zweifellos bei Werner von Siemens vor, der ja systematisch ein Arbeitsgebiet nach dem anderen aufgriff und auch vor den Schwierigkeiten der Stromzuführung nicht zurückschreckte, wie die erste elektrische Bahn in Lichterfelde zeigte. Werner v. Siemens hat sich übrigens, wie man aus seinem Schriftwechsel schließen kann, mehr mit dem Problem beschäftigt, als der Allgemeinheit bekannt ist.

Später, als man erkannte, daß eine erfolgreiche Elektrifizierung des flachen Landes durch Ausbau von Überlandzentralen und Überlandnetzen nur möglich war, wenn man gleichzeitig den zur Ausnützung der teuren Anlagen erforderlichen Stromabsatz steigerte, traten Elektrizitätswirtschaftliche Überlegungen in den Vordergrund. Erst während des letzten Weltkrieges und danach haben auch Brennstoffknappheit, Schwierigkeiten in der Ersatzteilbeschaffung usw. bei der Entwicklung des Elektropfluges mitgesprochen.

Jedenfalls ist die Gilde der „Elektropflüger“, die sich z. Teil aus Enthusiasten und Phantasten, zum größten Teil aber aus durchaus zielbewußten Ingenieuren und auch Landwirten zusammensetzt, seit W. v. Siemens niemals ausgestorben. Den vereinten Bemühungen von SSW, AEG und einigen am Stromabsatz interessierten E-Werken war es vor dem ersten Weltkrieg gelungen einige Dutzend Seilpflüge, Ein- und Zweimaschinensysteme, in Norddeutschland unterzubringen, die z. T. bis in die 30er Jahre zur Zufriedenheit ihrer Besitzer arbeiteten. Der Krieg brachte wenigstens in Deutschland diese Entwicklung zum Stehen, wenn auch die Firma Siemens in dieser Zeit auf Grund der guten Erfolge die v. Meyenburgschen Patente für die Bodenfräse erwarben, die sie ursprünglich für eine Elektrofräse auszunutzen beabsichtigte.

Dafür erlebte aber der Elektropflug nach dem 1. Weltkriege in Frankreich einen neuen Aufschwung und um das Jahr 1930 herum liefen allein in der Umgegend von Paris eine größere Anzahl von Motorpflügen, die auch der Verfasser unter sachkundiger Führung zu besichtigen Gelegenheit hatte. Besonders beachtenswert war dabei ein Seilpflug, nach dem Zweimaschinensystem, Konstruktion Estrade, der in der Firma Alsthom in größeren Serien gebaut wurde und auch heute noch in Frankreich eine Rolle spielt. Auch Italien rührte sich unter Führung von Prof. Tarchetti auf diesem Gebiet, wo als besonders ausgefallene Idee auch die Stromzuführung über ein durch einen Luftballon getragenes Kabel ausprobiert wurde. In Schweden machte ein Konstrukteur Forsblatt mit einem Elektropflug von sich reden und ein ganz eigenartiges System mit einer frei gespannten, aber beweglichen blanken Zuleitung versuchte die Elektro Agrikultur A.B. in Stockholm zu entwickeln. Hier gaben wohl die billigen Wasserkraftstrompreise einen An-

reiz. Es folgten die Bergländer Österreich und Schweiz, die besondere Vorteile bei der Anwendung des elektrischen Kleinseilpfluges in hängigem Gelände fanden. Die UdSSR kaufte im Zuge ihrer Elektrifizierungspläne um das Jahr 1930 einige Elektropflüge von Deutschland und Italien, um dann auf Grund der damit gewonnenen Erfahrungen eigene Systeme zu bauen. Auch in England verfolgte man die Entwicklung, wobei der leider während des Krieges verunglückte Vorkämpfer und Publizist für die Elektrifizierung der Landwirtschaft Borlase Matthews den Ton angab. Selbst in Amerika, dem klassischen Land des Olmotors, sind einige Ansätze zu bemerken.

Auf Einzelheiten der verschiedenen versuchten Konstruktionen einzugehen, verbietet hier der Platz. Aber schon die Andeutung dieser jahrelangen Entwicklungsarbeit legt die Frage nahe, weshalb sich der Elektropflug bis heute nicht durchsetzen konnte.

Unbestritten ist der Elektromotor die zuverlässigste Antriebsmaschine der Technik und hat auch alle die Eigenschaften, welche die Landmaschinentechnik von einem brauchbaren Antriebsmotor erwartet. Dem Elektrotechniker sind diese Eigenschaften geläufig und es gibt praktisch keine Aufgabe des Kraftantriebs, die sich mit dem Elektromotor nicht lösen läßt. In den meisten Fällen kommt man dabei mit dem einfachen Drehstrommotor üblicher Bauart aus und nur verhältnismäßig selten muß man dabei Kunstkniffe oder besondere Bauarten anwenden.

Hier irrt zweifellos Prof. Hollback, der in seinem Aufsatz der ETZ 70 (1949) S. 91 Schwierigkeiten erwähnte die vor vielleicht 30 Jahren bestanden haben mögen, heute aber durch den hohen Stand der Elektromotorentechnik längst überwunden sind. Wir brauchen beim Elektromotor keine Kupplung, er läuft ja unter Last an und gibt bei richtiger Typenauswahl auch das erforderliche Anlaufmoment ab. Ebenso kann der Anlaufstrom in erträglichen Grenzen gehalten werden und die Absicherung bereitet mit einem thermischen Motorschutzschalter kein Kopfzerbrechen mehr. Auch die Erdungsfrage läßt sich mit Hilfe eines Heinsch-Riedel-Schalters durchaus befriedigend lösen.

Der einzige Nachteil des Elektromotors gegenüber dem Verbrennungsmotor liegt in der Stromzuführung zu der Maschine, wenn von ihr eine gewisse Beweglichkeit und Freizügigkeit verlangt werden muß. Aber diese Schwierigkeiten haben die Elektrotechniker auch bei der Straßenbahn, bei der Eisenbahn und beim Obus in Kauf nehmen müssen und haben sie überwunden, wenn auch nicht gerade unter Verschönerung des Städtebildes. Sie sind auf dem Ackernicht größer, und bei Anwendung neuzeitlicher Gummischlauchleitungen auf jeden Fall zu meistern.

Wir brauchen nicht mehr die starken bewehrten Zuleitungen, die vor dem ersten Kriege nötig waren, als man besondere Pflugeleitungen entwickelte, die neben der Gummisolation der einzelnen Phasen einen erheblichen Aufwand an Faserstoff-Füllmaterial und eine besonders starke Umklöppelung erhielten. Sie erwiesen sich nicht als so wetterbeständig wie wünschenswert war, aber trotzdem haben diese Zuleitungen in manchem Pflugbetrieb 20 Jahre gehalten. Die heutigen Gummischlauchleitungen, die bis zu den stärksten Querschnitten gebaut wurden, werden jeder Forderung gerecht, besonders wenn dazu Buna- oder Neoprenmängel verwendet werden.

Beim Seilpflug ist die Zuleitung heute kein Problem mehr. Die Zuleitung liegt praktisch still, da die Winde bei jeweils nach einigen Zügen um einige Meter verrückt wird.

Etwas umständlicher wird die Stromzuführung bei selbstfahrenden Pflügen, also bei dem Elektroschlepper; dort hat sich da nach vielen Versuchen (der Luftballon wurde als der merkwürdigste schon erwähnt), die Stromzuführung durch eine Kabeltrommel, die sich auf der Maschine selbstständig auf und ab rollt, als besonders brauchbar erwiesen.



Bild 1. Der Elektropflug System Toepffer ist als Kippflug gebaut. Dadurch erspart man sich das Wenden und erhält ein kurzes Vorgewende.

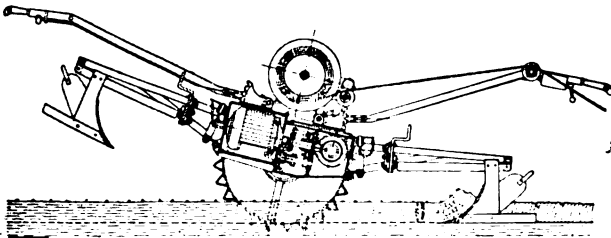


Bild 2. Die Schnittzeichnung läßt die einfache Bauart erkennen.

Das System finden wir deshalb auch fast bei allen neuen Konstruktionen (Bilder 1 und 2).

Am meisten wurde die Einführung des Elektropfluges wohl dadurch erschwert, daß die ersten Pflüge seinerzeit als Ersatz für Dampfplüge geliefert wurden. Dabei handelte es sich um große Einheiten zwischen 50 und 100 PS Leistung, die mit allem Zubehör einen Kostenaufwand der Größenordnung 50 ... 70 000 Mark erforderten, den sich nur gut fundierte Großbetriebe leisten konnten. Und diese Betriebe mußten zudem noch eine genügende Stromversorgung haben. Damit mußte der Absatz natürlich beschränkt bleiben. Die Elektroindustrie wandte sich bei der stürmischen Entwicklung jener Jahre lohnenderen Aufgaben zu als der damals noch umstrittenen und nicht für voll angesehenen Landtechnik. Sie zeigte sich bald an der Bodenbearbeitung desinteressiert und konnte sich nicht mehr dazu entschließen, nur wegen des Absatzes einer Anzahl Elektromotoren mit Zubehör das Risiko der Entwicklung, Herstellung und der Einführung des dabei überwiegenden mechanischen Teiles zu übernehmen. Das Feld der mittleren und kleineren Landwirtschaft, die größeren Absatz bringt, wurde kampflos dem Verbrennungsmotor überlassen, nachdem dieser durch den ersten Weltkrieg zu einer einigermaßen betriebssicheren Kraftquelle ausgereift war. Durch den Einfluß Amerikas (Ford) in dessen Ölreichtum und weitläufiger Landwirtschaft allerdings wesentlich andere Voraussetzungen vorlagen als bei uns, machte schließlich der Schlepper das Rennen. Aber auch der Schlepperindustrie ist der Erfolg nicht etwa mühelos in den Schoß gefallen, er hat viele Opfer verlangt, wobei auch manche Firma auf der Strecke blieb.

Das ist — und das muß offen ohne jegliche politische Tendenz gesagt werden — die tiefste Ursache der langsame Entwicklung des elektrischen Pfluges, die an sich keine größeren Schwierigkeiten birgt, wie sie bei anderen elektrischen Aufgaben auch gemeistert werden und wie sie auch von der Schlepperindustrie überwunden werden mußten.

In den letzten Jahren erheben sich wieder mehr Stimmen für den Elektropflug, nachdem die Voraussetzungen zu seiner Anwendung mindestens in Europa wesentlich günstiger geworden sind als in den Jahren zwischen den beiden Weltkriegen. Der Fortschritt in der Motoren- und Kabeltechnik wurde schon angedeutet. Die Stromversorgung des Landes hat bald die letzten Betriebe erfaßt, deren Anschluß sich wirtschaftlich überhaupt noch rechtfertigen läßt. Vor allem hat sich die Struktur der Landwirtschaft unter dem Einfluß der Kriege und ihrer Auswirkungen grundlegend geändert. Wir haben mehr intensiv arbeitende Klein- und Mittelbetriebe als früher, wobei wir von dem Extrem der

Bodenreform der DDR ganz absehen wollen. Der feldmäßige Gemüsebau mit seinen erhöhten Anforderungen an die Bodenbearbeitung hat ebenso an Bedeutung gewonnen wie der Obstbau in Plantagen und der Weinbau. Die Betriebe sind heute weitgehend mit Maschinen ausgerüstet und vertraut, der Pferdebestand ist herabgesetzt und der Schlepper ist selbst in kleinen Betrieben fast ebenso zur Selbstverständlichkeit geworden wie die Bodenfräse etwa in Gärtnereien.

Unter diesen vielen tausenden Betrieben finden wir bestimmt viele, in welchen noch weitere Voraussetzungen für eine erfolgreiche elektrische Bodenbearbeitung gegeben sind: gut arrondierte Lage des zu bearbeitenden Geländes und ein ohne viel Aufwand möglicher elektrischer Anschluß desselben.

Gelegentlich geäußerte Bedenken, daß die Elektrizitätsversorgung durch den Elektropflug erschwert werden könnte, sind ebenso gegenstandslos wie früher, als man ähnliche Bedenken gegen die allgemeine Einführung der elektrischen Beleuchtung oder gegen weitgehende Motorisierung vorbrachte. Die Elektrizitätsversorgung ist bis jetzt noch immer den ständig gewachsenen Anforderungen in stetiger Entwicklung nachgekommen, wenn man von den kriegsbedingten Störungen absieht. Solche Einwände hätten nur Berechtigung, wenn der Elektropflug plötzlich in tausenden Exemplaren auf den Markt erscheinen würde und das ist wohl kaum wahrscheinlich.

Besonders sorgfältig will die zweckmäßigste Maschinenleistung für einen ausreichenden E-Pflug überlegt sein. Natürlich gibt es für jeden Betrieb eine optimale Größe. Das darf nun nicht dazu führen mit einer Vielzahl Typen aufwarten zu wollen. Die Zeit in der man dem Dampfplugg Konkurrenz machen wollte, liegt endgültig hinter uns. Nur die UdSSR bewegt sich für ihre Kolchosen und Staatsgüter noch in derartigen Gedankengängen.

Die größeren Leistungen soll man ruhig den Schleppern überlassen, die ja auch als Transportmaschinen eine Rolle spielen, die ihnen der Elektropflug nicht streitig machen kann.

Verschiedene Gründe sprechen für einen Elektropflug in der Größenordnung von 4 ... 5 kW. Einer solchen Maschine kann dank der Überlastbarkeit des Elektromotors erfahrungsgemäß die gleiche Arbeit zugemutet werden, für die man sonst einen 8 ... 10 PS-Verbrennungsmotor braucht, damit kann man die Arbeit eines schweren Pferdegespannes bewältigen. Nicht ohne Grund wird daher diese Motorgröße auch bei den bekannten Einachsenschleppern und Bodenfräsen als besonders zweckmäßig bevorzugt (Bild 3).

Der Elektromotor von 4 ... 5 kW eines Elektropfluges ist auch für manche andere landwirtschaftliche Arbeiten geeignet, z. B. zum Antrieb der Pumpe für die Regenanlagen, für die Häckselmaschine, Schrotmühle, Kreissäge. Er kann also vielseitig ausgenützt werden.

Die vorgeschlagene Leistung kann gerade noch an Zuleitungen von 1,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt angeschlossen werden, wenn die Länge keinen zu großen Spannungsabfall gibt. Auf jeden Fall reicht aber ein Querschnitt von 2,5 mm<sup>2</sup> mit den dazu gehörigen Armaturen aus.



Bild 3. Ein begeisterter Anhänger der elektrischen Bodenbearbeitung hat sich selbst eine Bodenfräse umgebaut, übrigens nicht der einzige derartige Fall.



Bild 4. Eine elektrisch angetriebene Seilwinde mit zwei Kabeltrommeln für Hin- und Rückzug. Zum leichteren Umsetzen ist die Winde auf zwei Gleisstücke aufgesetzt, die bei weiterem Vorrücken umgelegt werden.



Bild 5. Die einfache Verankerung des Seilzuges am entgegengesetzten Schlagende.

Die Maschine wird nicht zu schwer. Sie kann bei Leerfahrt auf guten Wegen noch von einem Mann zum Arbeitsplatz gefahren werden oder nötigenfalls mit zwei Mann auf einen Wagen verladen werden. Auch die Unterbringung macht kein Kopfzerbrechen.

Sowohl auf dem Seilflug, wie auf dem Elektropflug genannter Größe läßt sich ohne Schwierigkeit soviel Seillänge oder Zuleitung unterbringen, daß von einer günstig gelegenen Anschlußstelle aus etwa 4 ha bearbeitet werden können. Bei einer Tagesleistung von rund 2...4 Morgen, die für diese Maschinenleistung erwartet werden darf, kann man also 1 Woche ohne Wechsel des Speisepunktes arbeiten. Mit weiteren 200 m fliegender oder fester Leitung läßt sich diese Flächenleistung etwa verdoppeln.

Wer die Entwicklung des Elektropfluges der letzten Jahre verfolgen konnte, wird feststellen, daß sie sich überwiegend in der genannten Größenordnung bewegt, und wird darin auch eine gewisse Bestätigung für diesen Vorschlag erblicken.

Schließlich gilt es noch, sich für ein besonderes System zu entscheiden. Man hat die Wahl zwischen einem Seilflug mit feststehender elektrisch angetriebener Seilwinde (Bilder 4 und 5) oder einen selbstfahrenden Schlepperpflug (bzw. Fräse), bei dem der Strom nach heutigen Erfahrungen am besten durch eine von der Maschine selbst auf- und abgerollte Leitung zugeführt wird. Für einfache Verhältnisse genügt es sogar, die Leitung einfach nachzuschleppen.

Für den elektrischen Kleinselflug spricht seine überaus einfache Bauart mit wenig Störungsmöglichkeiten. Eine Seilwinde kann sogar durch örtliche Handwerker hergestellt werden. Der Raddruck mit seiner bodenschädigenden Wirkung fällt fort, denn die Winde bleibt auf dem Wege stehen. Die Winde allein kann außerdem auch für andere Aufgaben eingesetzt werden, z. B. zum Abziehen schwer beladener Wagen vom Felde, für Heu- und Strohauzüge oder zum Miststapeln usw.

Die Seilwinde hat sich besonders in Gebirgsgegenden und Weinbergen eingeführt und ist in Österreich und in der Schweiz weit verbreitet, da mit ihr in hängigen Geländen Arbeiten ausgeführt werden können, die mit dem Schlepper unmöglich sind.

Leider sind für die Seilwinde zwei Personen zur Bedienung erforderlich. Ein Mann führt den Pflug, eine der Bauern oder dem Gärtner vertraute Arbeit. Die zweite Person bedient die Winde, wozu nur Ein- und Ausschalten erforderlich ist, so daß die Arbeit auch schwächlichen Menschen zugemutet werden kann.

Als Nachteil muß erwähnt werden, daß mit der Seilwinde nur mit einer gewissen Einschränkung gehackt werden kann. Arbeiten zwischen Pflanzenreihen, Bäumen und Sträuchern sind nämlich nur mit einfachem Seilzug möglich, bei welchem das Arbeitsgerät selbst leer zurückgezogen werden muß. Das macht am Hang kaum Schwierigkeiten und ist im Gebirge und in den Weinbergen von jeher üblich, bedeutet allerdings zwischen jedem Arbeitsgang einen ebensolangen Leerlauf, den man gerne vermeidet, wo es nicht unbedingt erforderlich ist.

Bei ihrer einfachen, praktisch unverwüsthlichen Bauart, die man als „narrensicher“ bezeichnen darf, die natürlich auch im Preis und den Unterhaltungskosten zum Ausdruck kommt, verdient die kleine Seilwinde, die bequem die Arbeit eines Gespannes leistet, eine wesentlich stärkere Beachtung als bisher. Sie ist das gegebene Gerät für den kleinen Feldgemüsebau, der auf streifenmäßig meist schon gut eingeteiltem Gelände bei mehrfachen Kulturen häufiger umbrechen muß.

Ein selbstfahrender Elektropflug oder Elektroschlepper erfordert konstruktiv mehr Aufwand als ein Seilzuggerät, ist aber dafür freizügiger trotz der Zuleitung, die nach den heutigen Erfahrungen bei dieser Größenordnung am besten durch eine Gummischlauchleitung erfolgt, welche auf einer Kabeltrommel von der Maschine selbst auf- und abgerollt wird. Er benötigt ein Getriebe, das aber einfacher sein kann, als ein Getriebe für einen Verbrennungsmotor, weil der elektrische Antrieb keine Kupplung und keinen Rückwärtsgang erfordert. Dafür verlangt wohl der Antrieb der Kabeltrommel einige Teile mehr. Auch an die Bedienung und Wartung werden höhere Ansprüche im Vergleich zu einem Seilflug gestellt.

Zweifellos haben beide beschriebenen Systeme in der genannten Größenordnung ihre Berechtigung, die letztes Endes nach den örtlichen Verhältnissen beurteilt werden muß. Das Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft hat sich daher gleich nach dem Kriege beider Bauarten angenommen, wobei dann leider die politische Spaltung eine industrielle Auswertung der im mehrjährigen praktischen Betrieb gewonnenen durchaus günstigen Erfahrungen verzögerte.

Jetzt wird aber der erprobte Elektropflug, System Toepfer, auch in der Bundesrepublik hergestellt und es ist zu hoffen, daß er in absehbarer Zeit auch in Stückzahlen herauskommt, so daß man von einem praktischen Einsatz reden kann. Daneben laufen noch einige weitere Versuche, von denen schon gelegentlich in der Presse berichtet wurde. Es ist zu wünschen, daß auch sie im freien Wettbewerb ihre Daseinsberechtigung erweisen.

Die interessierte Industrie möge nicht übersehen, daß mit einem kleinen brauchbaren Elektropflug nicht nur unsere eigene Landwirtschaft eine wertvolle Ergänzung ihres Maschinenparkes erhält, sondern daß eine derartige Maschine auch für den Export nach allen Ländern Bedeutung hat in denen die Elektrifizierung der Landwirtschaft in den letzten Jahren weiterbetrieben wurde.

#### Zusammenfassung

Nach eingehender Untersuchung der Gründe, die für und wider den Elektropflug angeführt werden können, kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß grundsätzliche technische und betriebliche Schwierigkeiten nicht gegen denselben sprechen. Mit den heutigen Erfahrungen ist es durchaus möglich, Bauarten auf den Markt zu bringen, die den berechtigten Anforderungen geeigneter landwirtschaftlicher Betriebe entsprechen. Die günstigste Größenordnung für diese dürfte bei etwa 4...5 kW liegen.

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315 : 054

Die Übertragungsfähigkeit kurzer elektrischer Kraftleitungen und ihre Erhöhung durch Nebenschluß- und Reihenkondensatoren. [Nach A. Heydorn: Tegnikon, Pretoria, 3 (1950) 33; 10½ S., 7 B.]

Die Übertragungsfähigkeit (Einheit: Siemenskilometer; Dimension: Wirkleitwert der Belastung · Leitungslänge) einer Drehstromleitung ist  $\frac{PL}{(kV)^2} = \frac{10 v\%}{r + tg \varphi}$ , wobei  $P$  = übertragene Wirkleistung,  $kV$  = verketete Übertragungsspannung am Leitungsanfang,  $v\%$  = prozentualer Spannungsabfall,  $\varphi$  = Phasenwinkel (angenähert gleich groß an beiden Leitungsenden),  $L$  = Leitungslänge,  $r$  = Wirk- = Blindwiderstand je Längeneinheit. Der prozentuale Leistungsverlust  $p_{v\%}$  bei der Übertragung errechnet sich zu

$$p_{v\%} = \frac{PL}{(kV)^2} \frac{r}{\cos^2 \varphi} 10^{-10}\%$$

Werden Phasenschieberkondensatoren zur Erhöhung der Übertragungsfähigkeit<sup>1</sup> verwendet, so berechnet sich der prozentuale Spannungsabfall zu  $v\% = \frac{\sqrt{3}L}{kV} (I_w r + \gamma I_b X)$ ,

wobei  $I_w$  = übertragener Wirkstrom,  $I_b$  = übertragener Blindstrom,  $\gamma < 1$  = Kompensationsgrad. Je nachdem, ob parallel- oder Reihenkondensatoren benutzt werden, ist der Faktor  $\gamma$  entweder  $I_b$  (Veränderung der Belastung) oder  $X$  (Veränderung der Leitungseigenschaften) zuzuordnen; der zweite Summand in der Klammer ist zu schreiben für Parallelkondensatoren als  $(\gamma I_b)X$  und für Reihenkondensatoren als  $I_b (\gamma X)$ . Die für Parallel- und Reihenkompensation erforderliche Kondensatorenleistung  $Q$  in kVAR errechnet sich für einen gegebenen, in beiden Fällen gleichen Spannungsabfall zu  $Q_s = (1-\gamma) S \sin \varphi$  für Parallelkompensation und  $Q_k = (1-\gamma) P L S \cdot 10^{-3}/(kV)^2 \cos \varphi$  für Reihenkompensation ( $S$  = übertragene Scheinleistung in VA). Das Verhältnis der beiden Kondensatorenleistungen ist dann

$$\frac{Q_k}{Q_s} = \frac{X}{\sin \varphi \cos \varphi} \cdot \frac{PL}{(kV)^2} 10^{-3}$$

Dieses Verhältnis wird — übereinstimmend mit der bekannten Tatsache, daß die „leitungsverstärkende“ Wirkung von Parallelkondensatoren unabhängig von der Leitungslänge, aber abhängig von der Belastung, diejenige von Reihenkondensatoren dagegen abhängig auch von der Leitungslänge ist — umso günstiger für die Reihenkompensation, je kürzer die Übertragungsleitung ist. Demzufolge kann die Reihenkompensation erhebliche wirtschaftliche Vorteile bieten gegenüber der Kompensation durch Parallelkondensatoren insbesondere für kurze Leitungen. Sie benötigt zugleich und, im Gegensatz zu anderen Regeleinrichtungen, auch trägeheitslos die Spannungszuckungen, die Anläufe mit stark stoßweiser Belastung hervorrufen können.

Reihenkondensatoren müssen entweder für die bei Kurzschlüssen an ihren Klemmen auftretenden Spannungen oliert oder bei Kurzschlüssen selbsttätig verzögerungsfrei überbrückt werden. Die amerikanische Praxis hat hierfür einfache und bewährte Einrichtungen<sup>2</sup> entwickelt. U. U. ist auch die erhöhte Durchlässigkeit dieser Kondensatoren für Berührungen im Magnetisierungsstrom stark gesättigter Transformatoren und Motoren zu berücksichtigen. Ein wirtschaftlicher Vergleich zwischen Reihen- und Parallelkompensation hat auch zu beachten, daß Parallelkompensation im Gegensatz zur Reihenkompensation die Strombelastung der Übertragungsanlagen und Generatoren besonders wirksam

herabgesetzt und dadurch an Stromwärmeverlusten bzw. Anlagekosten für alle auf Strom zu bemessenden Anlageteile spart<sup>3</sup>.

Die Ausführungen des Verfassers stimmen mit den Ansichten auch der deutschen Fachleute überein. Die von der deutschen Praxis bisher geübte starke Zurückhaltung in der Verwendung von Reihenkondensatoren dürfte insbesondere dadurch zu erklären sein, daß diese Kondensatoren stets für eine bestimmte Kompensationsaufgabe auszulegen sind, wohingegen sich Parallelkondensatoren ohne weiteres in andere Anlageteile zu anderweitigen Kompensationsaufgaben umsetzen lassen. — Für die Verwendung von Reihenkondensatoren in langen Leitungen, bis zu den höchsten Spannungen, zur Erhöhung der übertragbaren Leistung mit ausreichender Stabilität<sup>4</sup> gelten andere Überlegungen.

SchA

DK 621.315.1

Die Energieübertragung mit 400 kV-Drehstrom über vier Leiter. [Nach J. R. Mortlock: Cigre-Ber. 1950, Nr. 402; 14 S., 4 B.]

Für die Energieübertragung mit 400 kV-Drehstrom werden aus Reservegründen häufig Doppelleitungen projektiert, deren volle Übertragungsfähigkeit aber erst in sehr weiter Zukunft benötigt wird. Die Anlaufzeit der Übertragung wird durch eine Leitung mit 4 Leitern wirtschaftlich, von denen ein Leiter als Reserveleiter benutzt und bei einer Störung eines der anderen Leiter automatisch eingeschaltet wird. Der Bericht untersucht die Eigenschaften einer solchen Leitung mit 4 Leitern im Vergleich zu einer Doppelleitung mit 6 Leitern hinsichtlich der Kompensation, des Isolationsniveaus und des Abschaltens sowie hinsichtlich der Kosten.

Die Untersuchung basiert auf der Übertragung von Wasserkraftwerks-Leistung (Kraftwerksgruppen von je 150 MVA) über 400 kV-Leitungen mit starrer Sternpunktterdung in ein weit entferntes Netz, das über eine eigene Kraftwerksleistung von 500 MW verfügt. Die Leitungen mit 4 Leitern sind in Portalast-Bauweise mit 2 Erdseilen ausgeführt und in 320 km lange Abschnitte mit je 3 Verdrehungen unterteilt. Die Beseilung besteht aus Zweiseilbündeln mit Stahl-Aluminium-Seilen von 32 mm Dmr. und 50,8 cm Abstand im Bündel; der horizontale Phasenabstand beträgt 13,4 m. Die Reihenreaktanz der Leitungen wird zu 40% kompensiert. Jeder Abschnitt von 320 km Länge hat seine eigene Kompensation. Sie erfolgt durch Reihenkondensatoren, die durch parallel angeordnete Funkenstrecken und Schalter geschützt sind. Die Kondensatoren sind jeweils an den ankommenden Enden der Leitungsabschnitte angeordnet, damit sie durch ihren Spannungsabfall die Spannung an den Leistungsschaltern herabsetzen.

Der Spannungsverlauf längs der Leitung mit 4 Leitern ist für einige Übertragungsentfernungen (640/1000/1300 km) bei verschiedener Belastung (500/850, 400/700 u. 325/550 MW) und bei Lastabwurf (ohne Transformatoren am Ende und ohne Drosselspulen) berechnet worden. Hiernach läßt der Lastabwurf die Spannung bei einer Übertragungsentfernung von 640 km nur auf etwa 600 kV ansteigen, während sich bei einer Entfernung von 1300 km ein Spannungsanstieg auf 700 kV ergibt, der etwa den Verhältnissen der schwedischen 380 kV-Leitung<sup>5</sup> von 1000 km Länge entspricht und durch Drosselspulen herabgesetzt werden muß. Eine Spannung von 600 kV stellt für die Leistungsschalter in 400 kV-Netzen mit starrer Sternpunktterdung keine erhöhte Beanspruchung dar, weil die Schalter mit Rücksicht auf ein ungleichzeitiges Abschalten der Phasen bei dreipoligen Fehlern ohne Erdberührung ohnehin für die 1,5fache Leitererdspannung bemessen werden und dreipolige Kurzschlüsse in den Netzen entsprechend ihrer Isolationsbemessung nur mit Erdberührung möglich sind.

<sup>1</sup> H. Nissel: Der Einfluß des  $\cos \varphi$  auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke. Berlin 1928, Verlag J. Springer.

<sup>2</sup> vgl. a. Asea-J. (1950) H. 5 u. 6; Bericht von G. Jancke u. K. F. Akerström a. d. Unipede 1949 in Brüssel; Bericht Nr. 332 Cigre Paris 1950; Tekn. T. 79 (1949) S. 91; Electr. Engng. 69 (1950) S. 53.

<sup>3</sup> W. Borgquist u. A. Vretham: Cigre-Ber. 1948, Nr. 412.

<sup>1</sup> vgl. ETZ 58 (1937) S. 709; Electr. Wld., N. Y., 106 (1936) S. 3899.  
<sup>2</sup> vgl. Schweiz. techn. Z. 11 (1936) S. 587; AEG-Mitt. (1936) S. 147; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 419; Gen. electr. Rev. 31 (1928) 432, 33 (1930) S. 279 u. 613, 36 (1936) S. 461, 40 (1937) S. 174; Electr. J. (1936) S. 145; Electr. Engng. 67 (1948) S. 158 u. 236; Electr. Wld., N. Y. 3 (1934) S. 942, 106 (1936) S. 3488.



Ein Isolationsniveau der Leitungen von 1775 kV wird bei Masterdungswiderständen von  $20 \Omega$  eine Gewitterfestigkeit ergeben, die der Wahrscheinlichkeit eines Gewitterüberschlages auf 400 km Länge im Jahr in Gegenden mit einer Gewitterhäufigkeit von 30 entspricht. Auch ein niedrigeres Isolationsniveau von 1400 kV wird die Gewitterstörungen noch in erträglichen Grenzen halten, weil sich die meisten Gewitterüberschläge automatisch beseitigen lassen.

Bei der Leitung mit 4 Leitern führt das Einschalten des Reserveleiters in jedem Falle sogar bei Dauerfehlern zum vollen Erfolg und läßt sich überdies in einfacherer Weise und in kürzerer Zeit (0,24 s gegenüber 0,4 s) durchführen als das nicht immer erfolgreiche Kurzschlußfortschalten bei der Doppelleitung. Durch gleichzeitige Dauerfehler in zwei Leitungsabschnitten wird die Leitung mit 4 Leitern in ihrer Übertragungsfähigkeit nicht geschwächt, während sich bei der Doppelleitung hierdurch die Übertragungsfähigkeit auf die eines Stromkreises verringert.

Die 400 kV-Leitung mit 4 Leitern (einschließlich Schaltanlagenteil) stellt sich in ihren spezifischen Anlagekosten je MW ihrer jeweiligen Übertragungsfähigkeit für Entfernungen von 640 km (550 MW) um 10,3%, von 1000 km (400 MW) um 14,7% und von 1300 km (325 MW) um 20,4% billiger als die Doppelleitung, die hierbei nicht voll ausgenutzt wird.

ESch

DK 621.316.925

**Ein schnellarbeitendes „Außer-Tritt“-Relais.** [Nach W. C. Morris: Electr. Engng. 69 (1950) S. 127; 3 S., 5 B.]

Ein neues „Außer-Tritt“-Relais wird beschrieben, das bereits innerhalb einer Schlupfperiode anspricht. Im Gegensatz zu unserer Praxis wird es aber nicht als „Pendelsperre“ für Selektivschutzrelais benutzt, sondern zur schnellen Beseitigung von Asynchronismus durch Eingriff in die Turbinenregelung oder durch Abschaltung einer außer Tritt gefallenen Maschine. Auch die Auftrennung eines Netzes in zwei Gruppen kann mit diesem Relais an einer vorgegebenen Stelle durchgeführt werden.

Zunächst wird dargelegt, daß die bisher in den USA bekannten „Außer-Tritt“-Relais, die auf den Wechsel der Energerichtung ansprechen, für die beiden ersten Schwebungsperioden gesperrt bleiben müssen und erst im dritten Umlauf wirksam werden dürfen, um Fehlentscheidungen bei Kurzschlußvorgängen auszuschließen.

Das neue, bereits in der ersten Schlupfperiode wirksam werdende Relais besteht aus einem Überstrommagneten sowie zwei verschieden eingestellten Richtimpedanzrelais (ähnlich Reaktanzrelais, jedoch mit einem Innenwinkel, der dem Phasenwinkel des Pendelstrompfades angepaßt ist). Durch Vergleich der Kontaktstellungen über eine Kette von 6 Hilfsrelais werden 3 spezifische Bereiche geschaffen, die im Verlaufe einer Pendelperiode im einen oder anderen Sinne durchlaufen werden und dadurch gleichzeitig zu unterscheiden gestatten, ob die überwachte Maschine gegenüber dem Netz zu schnell oder zu langsam läuft. Zum Schluß werden die Arbeits- und Einstellgleichungen für das Relais entwickelt.

In der deutschen Praxis wird man sich nur schwer entschließen können, einem solchen immerhin verhältnismäßig komplizierten Relais die Entscheidung über eine Turbinenregelung oder die Schnellabschaltung eines großen Generators anzuvertrauen. Im übrigen besitzen wir seit Jahren „Schnellpendelsperren“<sup>1</sup> für Selektivschutzeinrichtungen, die einfacher aufgebaut sind, sogar schon vor dem erstmaligen Erreichen der Phasen-Oppositionsstellung wirksam werden und mit gewissen Modifizierungen für den gleichen Zweck wie die besprochenen neuen Relais eingesetzt werden könnten.

Gtm

## Schaltanlagen und -geräte

DK 621.316.54

### Schaltanlagen im Ausland.

Über die lebhafteste Weiterentwicklung des Anlagenbaues während des letzten Jahrzehnts sprach kürzlich Dipl.-Ing. Meiners vor dem Elektrotechnischen Verein Berlin. Wie der Vortragende ausführte, sind die übertragenen Leistungen und die Streckenlängen so gewachsen, daß an Stelle der bisherigen höchsten Betriebsspannungen (287 kV in USA, 220 kV in Deutschland, Frankreich und Italien, 132 kV in

England) vielfach schon 400 kV-Anlagen gebaut und geplant sind. So entsteht z. B. in Schweden eine derartige Anlage mit der aus den Großkraftwerken des Nordens große Energien über Entfernungen bis zu 1500 km zu den Verbrauchszentren des Südens transportiert werden sollen. In den USA wird am Ohio versuchsweise eine 500 kV-Anlage errichtet. Entsprechend der Spannungssteigerung muß die Abschaltleistung erhöht und die Ausschaltzeit verkürzt werden, wodurch sich viele neue Probleme ergeben, z. B. durch die Überwachung der großen 400 kV-Umspannwerke mit ihrem sehr erheblichen Flächenbedarf (etwa 200 000 m<sup>2</sup>). Druckluftschalter, wie sie vor etwa 20 Jahren in Deutschland entwickelt worden sind, finden heute auch bei amerikanischen Ingenieuren Interesse; bei neuen Versuchen in den USA haben sie sich als besonders sparsame Bauform und wegen der leichten Zugänglichkeit ihrer Kontakte bewährt. Betätigungskabel von Freiluft-Schaltanlagen in den USA werden neuerdings versuchsweise in Metallröhren einige Meter über dem Boden verlegt (bisher im Fußboden). Für Innenraumaufstellung bevorzugt man dort stahlblechgekapselte fabrikfertige Anlagen, die leicht montiert werden können, und zwar auch für recht große Abschaltleistungen und Abmessungen. In übrigen besteht in den USA eine starke Neigung, die Innenraumschaltanlage durch eine fabrikfertige Schrankanlage zu ersetzen, die auf einer Fundamentplatte im Freien montiert wird. Rationelle Serienfertigung derartiger Anlagen und Verminderung der Abmessungen und damit der Kosten bei möglichst geringem Geländebedarf sind die Tendenzen der dortigen Entwicklung, während in England noch gußgekapselte Schaltanlagen mit Öl- oder Massefüllung bevorzugt werden. Im Interesse des lebenswichtigen deutschen Exports empfahl der Vortragende am Schluß seiner überaus interessanten reich bebilderten Ausführungen den deutschen Ingenieuren die Entwicklung der Auslandstechnik sorgfältig zu verfolgen. Wie auch in der Diskussion hervorgehoben wurde, sollten deutsche Besteller auf nicht allzu wichtige Sonderwünsche verzichten, um auch der deutschen Industrie wenigstens in bescheidenem Rahmen eine Serienfertigung zu ermöglichen.

Hz

DK 621.316.54.04424

**Gesichtspunkte beim Entwurf von Druckluftschaltern.** [Nach C. H. Flurscheim u. E. L. L'Esrange: Proc. Inst. electr. Engrs. 96 II (1949) S. 557; 14 S., 30 B.]

Der von den Verfassern beschriebene Druckluftschalter für 132 kV und 3500 MVA hat zwei Unterbrechungsstellen je Pol, die elektrisch in Reihe und pneumatisch parallel geschaltet sind. Durch einen auf einem Drehstützer sitzenden Trennarm wird in ausgeschaltetem Zustand eine Lufttrennstrecke gebildet. Den beiden Schalteinheiten je Pol sind SiC-Widerstände parallel geschaltet, deren Charakteristik durch die Funktion  $U = kI^\beta$ , ( $\beta = 0,2 \dots 0,25$ ), dargestellt wird. Die Angabe des verwendeten Luftdruckes in der anbeblasenen Doppeldüse fehlt. Der Druckabfall beträgt bei einer Einschaltung ohne Bebläsung  $1/2\%$ , bei einer Ausschaltung etwa 17%, wenn der Anfangsdruck 100% betragen hatte. Der Druckverlust durch Undichtigkeit ist maximal  $1\%$ . Bei der Ausschaltung entfallen 35% des Luftbedarfs auf die Unterbrechungszeit, 65% sind notwendig, um die Düsenbebläsung bis zum Ende der Drehstützerbewegung aufrechtzuerhalten. Daher wird vorgeschlagen, durch Verzögerungsventile die Düsen nach der Lichtbogenlöschung zu drosseln, um 20% einsparen zu können.

Bei 16 mm Hub genügt eine Unterbrechungsstelle für 66 kV wiederkehrender Betriebsspannung. Die Öffnungsgeschwindigkeit ist groß, die Lichtbogendauer kurz, so daß die Düsen bei geringem Abbrand klein gehalten werden können. Die Spannungsverteilung ohne Steuerung ist besonders schlecht, da bei dem besprochenen Schalter beide Unterbrechungsstellen auf je einem Hohlstützer montiert sind. Kapazitive Steuerung ist ungünstig, weil der Steuerstrom u. U. in der Größenordnung des Ableitstromes über das Porzellan liegen kann. Lineare Widerstände erfordern eine besonders durchgebildete Reststromlöschung. Bei der Verwendung nichtlinearer Widerstände wird der Reststrom vom Trennarm unterbrochen, die Trennstrecke von der Ableitung angeblasen. Der Steuerstrom beträgt etwa 9 A. Die Spannungsverteilung ist dann auf  $2\%$  gleichmäßig. Von der oft angewendeten Möglichkeit der Abflachung des Anstieges der wiederkehrenden Spannung durch parallel geschaltete niederohmige Widerstände wird kein Gebrauch gemacht.

Da die britischen Prüfvorschriften nur für Öl- und Luftschalter gelten, diskutieren die Verfasser eingehend die Kurzschluß-

<sup>1</sup> H. Gutmann: Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 14.

Prüfmethoden für Druckluftschalter. Prüffelder für extrem hohe Leistungen gibt es nicht, so daß eine direkte Prüfung moderner Schalter mit der vollen Abschaltleistung (ohne Netzversuch) nicht möglich ist. Die Einflüsse von Luftdruck, Spannungsanstieg, Strom und wiederkehrender Betriebsspannung werden untersucht, um eine Extrapolation von Versuchen an einzelnen Unterbrechungsstellen auf den ganzen Schalter zu ermöglichen. Hierbei muß besonders beachtet werden, daß bei der Prüfung von einzelnen Unterbrechungseinheiten diejenige wiederkehrende Spannung erscheinen muß, die das Element bei der Serienschaltung mehrerer Einheiten beansprucht, denen zusätzlich nichtlineare Widerstände parallel geschaltet sind. Synthetische Ersatzprüfungen sind zwar als Studie interessant, aber nicht brauchbar, da sie einen idealen Schalter ohne Lichtbogenspannung voraussetzen. Die Genauigkeitsforderungen an die Synchronisation sind zu hoch, um ohne besonderen Aufwand erfüllt werden zu können.

Es wurden Kurzschlußabschaltungen am ganzen Schalter und an einer Unterbrechungseinheit von 132 kV und 3 kA bis 22 kV und 21 kA durchgeführt. Die Eigenzeit beträgt 1,1 HW, die Lichtbogendauer 0,8 ... 1,8 HW (bei 50 Hz).

Auf Grund der Einzelprüfung wird ein Diagramm des Schalters angegeben, wonach bei 77% des Nennluftdruckes die Abschaltleistung von 1000 MVA mit einem Spannungsanstieg von 7800 V/μs und 3500 MVA mit 4400 V/μs erreicht wird, während bei 65% des Nenndruckes 1000 MVA mit 400 V/μs und 3500 MVA mit 3800 V/μs beherrscht werden. Die Abschaltung kleiner induktiver und kapazitiver Ströme wird durch die nichtlinearen Parallelwiderstände erleichtert.

Der Schalter ist mit Einrichtungen zur Kurzunterbrechung versehen. Für dreipolige Kurzunterbrechung wird eine tote Zeit von 0,2 s genannt. Da der Luftbedarf hierbei sehr hohe Werte erreicht, wird vorgeschlagen, nur einpolige Kurzunterbrechung vorzusehen. Dabei muß der Schalter einpolig voll ausgeschaltet werden, d. h. auch der Trennarm geht in die Aus-Stellung, um den Steuerstrom unterbrechen zu können.

**Ergebnis der Diskussion**

39 Diskussionsbeiträge nach 6 gleichen Vorträgen kennzeichnen die Vehemenz, mit welcher der Kampf zwischen Olschaltern und ölarmen Schaltern einerseits und Druckluftschaltern andererseits in England geführt wird. Es gibt nicht weniger als 20 verschiedene Typen für Höchstspannungsschalter zwischen 2500 und 6000 MVA, wobei das Verhältnis Öl/Druckluft mit 10:1 bis 50:1 angegeben wird. Während der Olschalter billiger und einfacher in der Konstruktion und Wirkungsweise ist, ist es beim Druckluftschalter möglich, die Schaltleistung durch Addition der Prüfergebnisse an Einzelementen leichter nachzuweisen. Der zuverlässige Einsatz des Druckluftschalters bei tiefen Temperaturen kann in Frage gestellt sein, wenn die Blasluft nicht sorgfältig getrocknet ist. Die Verwendung von Widerständen hat sich allgemein durchgesetzt. Nichtlineare Widerstände sind bei Druckluftschaltern von Vorteil, da die Steuerstromunterbrechung u. U. leichter ist. Die Herstellung von SiC-Widerständen, die in der Alterung und in der Charakteristik gleichmäßig sind, kann sehr kostspielig werden.

Obwohl seitens der EVU großes Interesse für Druckluftschalter besteht, wird im allgemeinen der Olschalter noch vorgezogen. Fr

**Meßgeräte und Meßverfahren**

• DK 621.385.333 : 621.317.39

**Eine Röhre zur Messung von Beschleunigungen.**

Die Messung und Aufzeichnung von Beschleunigungen und Vibrationen ist für die Forschung und Entwicklung auf allen verschiedensten Gebieten wichtig. Überall dort, wo hohe Geschwindigkeiten erreicht werden, erhebt sich häufig die Frage nach der Größe der Beschleunigung, der gewisse Teile ausgesetzt sind, z. B. im Kraftfahrzeugbau, bei Lokomotiven, Motoren, Fördereinrichtungen usw.

Die Philips Valvo Werke haben eine neue Röhre unter der Typenbezeichnung DDR 100 angekündigt, die die einfache Messung von Beschleunigungen auf elektronischem Wege gestattet (Bild 1). Es handelt sich um eine Duo-Diode, deren Anoden elastische Halterungen besitzen, so daß sich infolge einer Änderung der Röhrengometrie durch eine Beschleunigung auch der innere Widerstand ändert. Diese Widerstandsänderung kann durch Einschalten der Röhre in eine Wheatstone-Brücke als Stromänderung mit einem Meßinstrument sofort sichtbar gemacht werden. In Bild 2 ist die Prin-

zipschaltung dargestellt. Die beiden Diodenstrecken der Röhre liegen in zwei Brückenäzweigen. Mit den beiden Regelwiderständen von je 100 ... 200 Ω wird zunächst das Brückengleichgewicht hergestellt. Eine Beschleunigung bewirkt



Bild 1. Die Duo-Diode DDR 100.

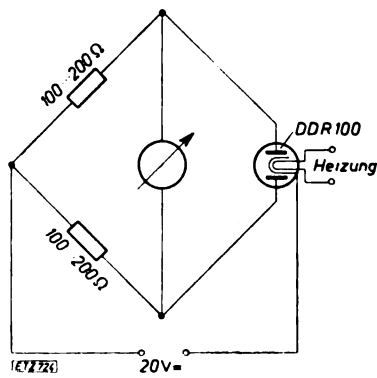


Bild 2. Prinzipschaltung zur Beschleunigungsmessung.

dann einen Ausschlag des in der Brücke liegenden Mikroamperemeters. An Stelle des Meßinstrumentes kann an den Brückenausgang auch ein Verstärker mit nachfolgendem Kathodenstrahloszillographen angeschlossen werden, wobei mit einer Eingangsspannung von etwa 7,5 mV/g gerechnet werden kann ( $g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Dank der kleinen Abmessungen, des geringen Gewichtes und der hohen Empfindlichkeit der DDR 100 bestehen umfassende Anwendungsmöglichkeiten. Ein besonderer Vorteil dieser Röhre gegenüber anderen Meßeinrichtungen ist, daß die Montage in jeder Lage möglich ist. Die Empfindlichkeit reicht aus, um auch bei nur geringen Änderungen der Beschleunigung ein im Brückenausgang liegendes registrierendes Meßinstrument ohne Zwischenschaltung eines Verstärkers auszusteuern. Die erforderlichen Betriebsspannungen sind so niedrig, daß sie einer geeigneten Batterie direkt entnommen werden können, was den Bau tragbarer Meßeinrichtungen sehr erleichtert.

Bei der Untersuchung von mechanischen Vibrationen können Frequenzgemische auftreten, die die Röhre in ihrer Resonanzfrequenz (etwa bei 1000 Hz) anregen. In diesem Fall kann die Ausgangsspannung mit einer starken 1000 Hz-Komponente überlagert sein, die jedoch durch ein selektives Filter verhältnismäßig leicht unterdrückt werden kann. — Im übrigen ist die DDR 100 zur Messung von kontinuierlichen Vibrationen, wie sie z. B. mit einem Schütteltisch erzeugt werden, weniger geeignet.

Nachfolgend die wichtigsten technischen Daten der DDR 100:

Max. meßbare Beschleunigung	100 g
Resonanzfrequenz	1000 Hz
Empfindlichkeit (in Brückenschaltung)	7,5 mV/g
Anodenspannung	10 V
Anodenstrom max.	60 mA
Heizspannung	6,3 V
Heizstrom	0,6 A
Abmessungen:	
Höhe	76 mm
Durchmesser	32 mm.

Zur Durchführung exakter Messungen ist eine Anheizzeit von mindestens 15 min erforderlich.

R. Kretzmann

DK 621.317.39 : 622.276.1

**Elektrische Sondendruckmessung in Erdölbohrungen.** [Nach C. H. Biedendieck: Erdöl u. Kohle 3 (1950) S. 383; 2 S., 5 B.]

Es wird ein elektrisches Verfahren zur Druckmessung besonders in Erdölbohrungen beschrieben. Es beruht auf der Messung der Eigenfrequenz einer vorgespannten Stahlsaite. Durch den in der Bohrung herrschenden Druck wird die Vorspannung der Saite und damit ihre Eigenfrequenz beeinflusst. Die Saite befindet sich vor einem Elektromagneten. Durch mechanische oder elektrische Anregung wird sie in gedämpfte mechanische Schwingungen versetzt, die ihrerseits in den Spulen des Magneten Spannungen erzeugen, die über

Kabel oder die Rohrleitung nach über Tage gegeben und an das eine Plattenpaar eines Braunschens Rohres gelegt werden. In dem Empfangsgerät befindet sich u. a. eine Vergleichsseite, die gleichzeitig mit der Meßseite erregt wird. Mit einem Drehkopf kann über einen mechanischen Antrieb die Vorspannung und damit die Eigenfrequenz dieser Vergleichsseite geändert werden. Die von dieser Vergleichsseite erzeugte Spannung wird dem anderen Plattenpaar des Braunschens Rohres zugeführt. Sind die beiden Spannungen von gleicher Frequenz, so erscheint auf dem Leuchtschirm eine einfache kreis- oder ellipsenförmige Figur. Nach Eichung der Vergleichsseite kann auf einer mit dem Drehkopf verbundenen Skala der Meßwert in atü abgelesen werden.

Es wurde ein Geber mit einem Druckbereich von 0...50 atü verwendet; die Meßgenauigkeit beträgt  $\pm 1/500$  des Nennwertes. Der Meßbereich des Gebers läßt sich bis 250 atü erhöhen. Die durch dieses Verfahren ermöglichte laufende Drucküberwachung gestattet z. B. das frühzeitige Erkennen der Annäherung der Randwasserzone. WD

DK 621.317.39 : 669.7.0 : 531.717

**Wandstärkenmessung von Leichtmetall-Gußteilen.** [Nach Ph. Schneider u. P. Dekker: Metall 3 1949) S 321.]

Die Wandstärke von Leichtmetall-Gußteilen komplizierterer Form wird bei der Endkontrolle in der Regel mit einfachen oder gekröpften Tastern gemessen. Dabei verlangt das Ablesen des Meßwertes fast immer ein ermüdendes Arbeiten in gebückter Körperhaltung. Das Sondenkalimeter nach Dr. Förster vermeidet diesen Mangel, indem es die Ablesung des Meßwertes an einem großen Zeigerinstrument in bequemer Augenhöhe gestattet. Eine aus einem Weich-eisenkern und Meßspulen bestehende magnetische Sonde spricht, da zwei Mikro-Sonden gegeneinander geschaltet sind, nur auf magnetische Feldstörungen (Feldstärkegradienten) an. Eine Feldstörung wird dadurch verursacht, daß ein Gegenmagnet bis auf den Abstand der Wandstärke gegen die Sonde herangeführt wird. Die durch Magnetisierung der Kerne in den Sondenwindungen bewirkte Phasenverschiebung des durchfließenden hochfrequenten Wechselstromes wird am Ableseinstrument angezeigt. Da es sich um ein magnetisches Gleichfeld handelt, kann sich zwischen Sonde und Magnet ein beliebig nicht ferromagnetischer Körper befinden. Hochfrequenzgenerator, Gleichrichter, Anzeige- und Hilfsgeräte sind in Kofferform vereinigt. Für praktische Betriebsmessungen werden Sonde und Dauermagnet in genau zentrierte Meßvorrichtungen eingebaut. Eingehende Erörterungen sind der Beeinflussung der Meßgenauigkeit durch äußere Einflüsse gewidmet. Das Gerät kann auch mit Vorteil zur Dickenmessung von NE-Blechen verwendet werden.

S-z

## Akkumulatoren

**Die Kennlinien der Blei- und Stahllakkumulatoren und ihre Auswertung in den wichtigsten Anwendungsgebieten.** [Nach K. Gries: Dissertation a. d. TU. Berlin, 1950.]

In der vorgelegten Dissertation wird zunächst eine Zusammenfassung der heute gebräuchlichsten Konstruktionen der Blei- und Stahllakkumulatoren gebracht und kurz auf die chemischen und physikalischen Vorgänge während der Ladung und der Entladung eingegangen. Sodann folgen die einzelnen Kennlinien über das Verhalten der Sammler, Abhängigkeit der Lade- und Entladespannung von der Stromstärke, Einfluß der Entladestromstärke auf die Kapazität, Leistungsabgabe bei verschiedenen Elektrolyttemperaturen, Kapazitätsverminderung durch Selbstentladung.

Damit wird ein umfangreiches Kurvenmaterial erfaßt, das von den Herstellerfirmen der Akkumulatoren und den Verbrauchern in langwierigen Versuchen, insbesondere während der letzten Kriegsjahre, ermittelt wurde, um den immer größer werdenden Anforderungen gerecht zu werden, die an die Sammler auf ihren vielfältigen Anwendungsgebieten gestellt wurden.

Diese Versuchsergebnisse, die als Richtlinien für die richtige Auswahl einer Batterie gelten können, werden an Beispielen aus den Gebieten der Elektrizitätswerke (Puffer- und Bestandsbatterien), des Fahrzeugbetriebes (elektrische Triebwagen, Lokomotiven, Elektrowagen und Elektrokarren) näher erläutert. Durch Vergleichswerte mit anderen Antriebsarten (Benzin- und Dieselmotoren) werden die Vorteile des Batterieantriebes beim Einsatz der Fahrzeuge im Stadtverkehr mit häufigen Haltestellen hervorgehoben.

Den wesentlichsten Teil der Arbeit bildet eine Vergleichsauswertung der gebrachten Kennlinien der Blei- und Stahllakkumulatoren, die den Beweis liefert, daß der Stahlsammler in seiner letzten Entwicklung durch seine besseren elektrischen und mechanischen Eigenschaften, besonders aber durch sein gutes Verhalten bei Tieftemperaturen und seine geringe Selbstentladung, auf allen Anwendungsgebieten seinen bevorzugten Einsatz rechtfertigt. Die früher allgemein vertretene Ansicht, daß der Stahlsammler infolge seines größeren Spannungsabfalles für hohe Belastungen nicht verwendbar sei, wird durch die Versuchsergebnisse widerlegt. Alkalische Spezialausführungen für Anlaßzwecke haben in jahrelangen Versuchsfahrten bei einem der größten deutschen Verkehrsbetriebe sehr gute Ergebnisse erbracht. Das entsprechende Kurvenmaterial gibt auch über die Zusammenarbeit dieser Batterien mit den normalen Bosch-Lichtmaschinen Aufschluß.

Auch eine zusätzliche Betrachtung über den Raumbedarf und über das Gewichtsverhältnis der beiden Battene-gattungen bezogen auf 1 kWh bringt den Nachweis, daß der alkalische Sammler, obwohl er bei gleicher Verbrauchs-spannung eine um 60% größere Zellenanzahl benötigt, zum Teil eine günstigere Raumausnutzung und dadurch einen größeren Fahrbereich des Elektrofahrzeuges gestattet.

Besondere Fahrdiagramme, die eine Vereinigung der Kennlinien der Akkumulatoren und der Antriebsmotoren darstellen, zeigen ferner, wie wichtig die Kenntnis dieser Kennlinien für die wirtschaftliche Ausnutzung eines Elektrofahrzeuges im täglichen Fahrbetrieb ist. Ab

DK 621.352

**Neue hochbelastbare Luftsauerstoff-Elemente.** [Nach das elektron 1950, S. 258, 1 1/2 S., 4 B.]

Galvanische Elemente mit Luftdepolarisation sind schon lange bekannt und im letzten Weltkrieg wurden sie an Stelle der Braunsteinbatterien in größtem Maßstab hergestellt. Dem Vorteil der Erholungsfähigkeit stand der große Nachteil der geringen Dauerbelastbarkeit gegenüber. Dabei verschwanden diese Elemente mit Ausnahme weniger Typen für Telefonbetrieb sofort, als es wieder Braunstein gab.

Gerade für den Betrieb von Röhrengeräten ist aber die Verwendung von Braunsteinbatterien als Heizstromquelle ungünstig, da diese eine stark fallende Strom-Spannungscharakteristik im Dauerbetrieb aufweisen, die Mindestspannung von etwa 0,9 V wird bald unterschritten und die Kapazität einer Braunsteinzelle kann nicht voll ausgenützt werden. Die während des Krieges viel verwendeten Quecksilberoxyd-Elemente dagegen haben einen günstigen Spannungsverlauf ihrer Entladekurve, besitzen auch eine große Kapazität, doch sind sie in der Herstellung relativ kostspielig, so daß sie nur für Spezialzwecke, z. B. für Schwerhörigergeräte, verwendet werden.

Den Verfassern ist es durch Anwendung eines neuen Verfahrens zur Herstellung von Kohleelektroden gelungen, Luftsauerstoff-Elemente herzustellen, die auch bei größeren Dauerbelastungen bei praktisch gleichbleibender Entladespannung sehr große Kapazitäten aufweisen. Die höhere Belastbarkeit — mit Luft etwa 25...30 mA/cm<sup>2</sup>, mit Sauerstoff bis 100 mA/cm<sup>2</sup> Elektrodenoberfläche — konnte durch Beschleunigung des Sauerstoff-Übertragungsvorganges an der Kohleelektrode selbst, ermöglicht werden. Die hohe Kapazität ergibt sich daraus, daß man keinen Depolarisator mehr mitnehmen braucht (Luft ist überall vorhanden) und die Begrenzung der Stromlieferung ist nur durch Zink und Wasserverbrauch gegeben.

Die Summengleichung der chemischen Reaktion dürfte sein:  $2 \text{Zn} + \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Zn}(\text{OH})_2$

Die neue Kohleelektrode arbeitet in alkalischer Lösung als umkehrbare H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Elektrode. Die EMK ist entsprechend der Nernstschen Gleichung abhängig vom Sauerstoffpartialdruck, von der OH-Ionen-Aktivität und der H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Konzentration an der Elektrode.

Die Luftsauerstoffelektroden können in Trockenzellen oder in Füllzellen angewendet werden. Als Lösungselektrode wird in der Regel Zink verwendet. Nach Entladung der Zelle sind die Kohleelektroden weiter verwendbar, dies ist der nochmalige Einbau bei kleinen Zellen unwirtschaftlich, da die Elektroden billig herstellbar sind. In der angegebenen Entladekurve kann man die charakteristischen Daten der neuen Zellen erkennen. Grundsätzlich kann man alle Zellengrößen und -Typen herstellen, ein besonderer Vorteil bietet sich aber für die Verwendung der Type A1 als Heiz-

zelle für tragbare Radioapparate, Schwerhörigengeräte usw. Bei Verwendung in Lampen erhält man auch bei Dauerentladung (Polizei-, Grubenlampen) gleichmäßiges Licht. Unter Verwendung von Kleinumformern (Motor- oder Zerhackerprinzip mit 50% Wirkungsgrad) ist es wirtschaftlicher, den Anodenstrom eines tragbaren Röhrengerätes aus Monozellen zu gewinnen, als aus einer Anodenbatterie. Die Betriebskosten sinken auf  $\frac{1}{2}$ ... $\frac{1}{3}$  der bisherigen. Im Vergleich zu Akkumulatorenbetrieb beträgt die Gewichtseinsparung etwa  $\frac{5}{6}$ .

Das Arbeitsprinzip der neuen Elektroden ist das der Diffusionsgaselektroden. Der Sauerstoff dringt durch die Poren der Kohlelektrode bis zur eigentlichen Reaktionszone (Dreiphasengebiet: Sauerstoff, Elektrolyt, Kohle) vor und wird dort elektromotorisch wirksam. Das Elektrodengleichgewicht stellt sich bei den neuen, katalysierten Elektroden sehr schnell ein und ist so gut reproduzierbar, daß man nach diesem Prinzip Sauerstoff-Analysengeräte bauen konnte, die direkt und selektiv anzeigen und bis auf 1/100% genau sein können. Meßbereich: 0,01 ... 100% Sauerstoff, beliebig unterteilbar. Technische Geräte nach diesem Prinzip eignen sich besonders zur Betriebskontrolle in der sauerstofferzeugenden oder -verbrauchenden Industrie. Störend wirken nur andere depolarisierende Gase wie z. B. Stickoxyde, Chlor. Bei automatisierten Daueranalysen empfiehlt es sich wegen des alkalischen Elektrolyten, auch die Kohlensäure aus dem Meßgas durch eine Absorptionssäule zu entfernen. Dies ist umso leichter, als bei allen Heizungsanlagen usw. ohnehin eine CO<sub>2</sub>-Bestimmung durchgeführt wird. Mehrere dieser Geräte haben die Erprobung in Großbetrieben bereits erfolgreich hinter sich (Gaswerke, Stickstofferzeuger, Röhrenindustrie).

Die Geräte und die Batterien werden in Österreich von der Firma „WIF“ Wiener Isolierrohr-, Batterie- und Metallwarenfabrik, Wien VI., hergestellt.<sup>1</sup>

Vb

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.975 : 654.19

**Programmer.** [Nach K. Tetzner: Funktechnik 6 (1951) S. 88; 2 S., 14 B.]

Seit Bestehen des Rundfunks hat man nach einem Verfahren gesucht, die Reaktion des Hörers auf die Rundfunk-sendungen festzustellen. Selbstverständlich bemühen sich die Sendegesellschaften seit jeher, aus der Hörerpost einen Eindruck über die Wirkung ihrer Programme zu gewinnen. Man hat auch vielfach zu Umfragen gegriffen, wie sie in Amerika das Gallup-Institut und andere ähnliche Unternehmen zur Meinungserforschung veranstalten. Der Mangel aller dieser Methoden besteht darin, daß sich immer nur eine Auswahl des gesamten Hörerpublikums äußert und man keinen Beweis dafür hat, ob diese Auswahl für die Gesamtheit der Hörer repräsentativ ist.

Der dänische Ingenieur O. G r u e hat nun eine objektive Methode gefunden, um die Einstellung der gesamten Hörschaft eines bestimmten Wohngebietes zu ermitteln, und zwar benutzt er als Kriterium das Ein- oder Ausschalten der Rundfunkgeräte zu den verschiedenen Tageszeiten. Durch das Einschalten von Rundfunkgeräten, die an Wechselstromnetzen betrieben werden, entstehen im Netz Verzerrungen in Gestalt einer harmonischen Oberschwingung von der dreifachen Netzfrequenz. Je mehr Empfänger eingeschaltet werden, umso stärker bildet sich diese Oberwelle aus. Sie wird mit einer Filteranordnung ausgesiebt und mit einem Kurvenschreiber registriert. Die entstehende Kurve ist ein unmittelbares Maß für die Zahl der in jedem Augenblick des Tages eingeschalteten Empfänger. Man kann mit ihrer Hilfe feststellen, ob eine Darbietung des Rundfunkprogramms die Hörer zum Ein- oder zum Ausschalten verursacht. Man muß allerdings von der Annahme ausgehen, daß die Geräte vorwiegend auf den Ortssender eingestellt sind und daß sich die vorhandenen Kurvenspitzen auf das Ortsprogramm beziehen. Erfahrungsgemäß ist dies jedoch im allgemeinen der Fall, und man kann annehmen, daß die Veränderungen, die durch das Hören von Fernsendern veranlaßt werden, sich in der Hauptsache gegenseitig aufheben. Selbstverständlich registriert das „Programmer“ nur die Ein- und Ausschaltungen im Bezirk ein- und desselben Lichtnetzes. Es stünde aber nichts im Wege, eine größere Zahl von Lichtnetzen des Sendegebiets mit Hilfe von Programm-

metern ständig zu beobachten. Die Kurven zeigen sehr deutlich die tageszeitlichen Schwankungen in der Benutzung der Radiogeräte, und es läßt sich tatsächlich auch feststellen, daß bestimmte Programme viele Hörer zum Einschalten, andere Programme viele Hörer zum Abschalten veranlassen. Leider läßt sich natürlich nicht feststellen, wenn Hörer — was die Regel sein dürfte — bei nicht zusagendem Programm auf andere Stationen übergehen, ohne das Gerät abzuschalten. Insofern ist zu befürchten, daß sich die Programmgewaltigen auch nach Einführung des „Programmers“ noch Illusionen über die Beliebtheit ihrer Programme machen.

Ein anderes im referierten Artikel besprochenes Verfahren, der „Hooperecorder“, ist amerikanischer Herkunft und besteht aus einem Gerät, das mit Genehmigung ausgewählter Rundfunkteilnehmer in deren Wohnung aufgestellt wird und ihre Einstellung zu den einzelnen Programmen über eine Fernsprechleitung selbsttätig an eine Zentrale übermittelt. Dieses Verfahren hat vor dem der Umfrage durch ein Institut nur den einen Vorzug, daß laufende Berichterstattung an Stelle einer gelegentlichen globalen Meinungserforschung ermöglicht wird.

Ew

DK 621.39 : 361.9

**Neuartige Feuermelder.** [Nach M. A. Soulier: Rev. gén. Electr. 34 (1950) S. 367; 6 S., 10 B.]

Um die Nachteile der bisherigen Feuermelder zur Alarmgabe bei der Entstehung eines Brandes zu umgehen, wurden neuartige Feuermelder mit einem Luftbehälter kleiner Öffnung entwickelt. Bei langsamem Temperaturanstieg entweicht die Luft durch die kleine Öffnung ohne Schwierigkeit; bei raschem Temperaturanstieg dagegen wird der Druck im Behälter vergrößert, und die Signaleinrichtungen werden in Tätigkeit gesetzt. Bei der einen Ausführung befindet sich die Luft in einem kupfernen Gefäß und wirkt auf einen darüber angebrachten Stift, durch den Signalkontakte geschlossen werden. Meist wird diese Arbeitsweise mit Bimetallstreifen kombiniert. Bei einer anderen Bauart ist das Prinzip mit einem Luftbehälter in Form eines dünnen Rohres von wenigen mm Dmr. verwirklicht, so daß der Einbau z. B. im Zimmer keine Schwierigkeiten bereitet.

Sind vorübergehende Temperaturerhöhungen zu erwarten, ohne daß eine Auslösung des Feuermelders gewünscht wird, so sind Bimetallmelder vorteilhaft, von denen Bild 3 ein Beispiel zeigt. Der Zylinder AA enthält die beiden aufgerollten Bimetallstreifen B und C, die verschiedene Wärmeausdehnungsbeiwerte haben und verschieden dick sind. Die obere Wendel ist durch den isolierten Zylinder I thermisch geschützt. Steigt die Temperatur schnell, so verschiebt sich der untere Punkt D und verändert dadurch in V einen Stromkreis. Steigt die Temperatur langsam, so hebt sich die Wirkung der beiden Bimetallwindungen weitgehend gegenseitig auf und der Punkt E verschiebt sich etwas; dies genügt aber

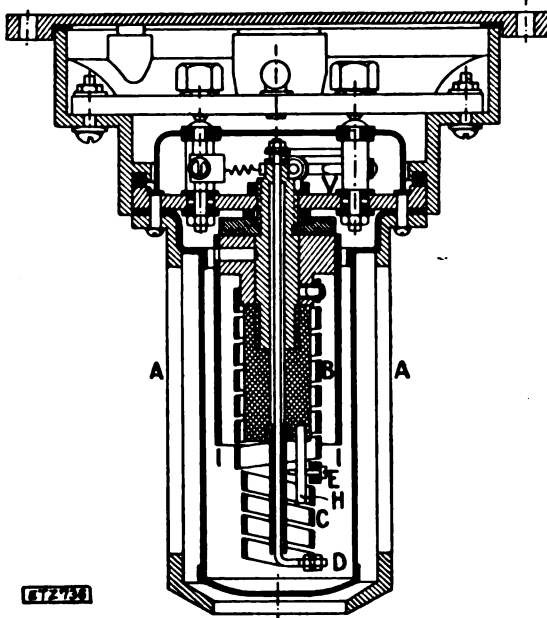


Bild 3. Schnitt durch einen Bimetall-Feuermelder. Legende im Text.

<sup>1</sup> Eine ausführliche wissenschaftliche Mitteilung erscheint in der Österr. Chemischen Zeitung (Springer Verlag, Wien) voraussichtlich im Juli oder August 1951.

nicht zur Auslösung, wenn die Temperatur in einem gewissen Bereich bleibt. Wenn jedoch der Temperaturanstieg weiter anhält, blockiert eine Sperre *H* die Anordnung, so daß der untere Streifen wieder die Auslösung bewirkt.

Viele Feuermelder benutzen Wheatstonesche Brückenanordnungen mit besonderen, stark temperaturabhängigen, gesinterten Widerständen, die in die verschiedenen Brücken-zweige geschaltet sind und bei Widerstandsänderung eines Zweiges die Auslösung bewirken. Bei anderen Ausführungen werden Nickel-Widerstände mit Erfolg benutzt, da sie auf kleine Temperaturänderungen ansprechen.

Andere Feuermelder verwenden die Änderung einer ionisierten Luftstrecke, die sich in einem Überwachungskreis befindet und durch ein Radiumpräparat aufgerichtet wird. Diese Rauchgasmelder werden in verschiedenen Ausführungen gebaut und sind besonders in Industrien mit Werkstoffen vorteilhaft, die vor der Zündung eine große Menge Rauchgas entwickeln, wie z. B. Holz, Papier, Textilien, Kunststoffe u. a., oder deren Werkstoffe beim Entstehen eines Brandes eine große Rauchgasmenge entwickeln, wie z. B. Zelluloid oder Schießpulver. 18

DK 621.397.9 : 621.396.932

**Probleme und Leistungen des Schiffsradars.** [Nach W. Peters : Schiff u. Hafen 2 (1950) S. 341 und 3 (1951) S. 155.]

Auch deutsche Schiffe können jetzt mit Radar fahren und ihre Fahrsicherheit erhöhen. Das Schiffsradar wird bei Kanal-, Fluß- und Küstenfahrten als Navigationshilfe, auf offener See als Kollisionswarnung vor herannahenden Schiffs-fahrtshindernissen und Wetterfronten eingesetzt und ist ein Flächensichtgerät nach dem Echo-Impuls-Verfahren, an das besondere Anforderungen gestellt werden: Zur Unterscheidung kleinerer Ziele wie Fahrwassertonnen muß die Bild-auflösung eine gewisse Mindestgüte haben, der Strahlbündelungswinkel muß möglichst klein (etwa  $1 \dots 2^\circ$ ) und die Impulslänge möglichst kurz sein. Letztere verkleinert man bis zu etwa  $0,1 \mu s$ , was Bandbreiten bis zu 30 MHz erfordert. Da die Rauschleistung des Empfängers mit der Bandbreite steigt, seine Empfindlichkeit also abnimmt, werden derartig hohe Auflösungen in radialer Richtung von  $0,1 \cdot 300 \cdot \frac{1}{s} = 15$  m öfters nur im Nahbereich erzielt, wo die Echoempfangsleistung groß genug ist. Weiter wird gefordert, daß die Fahrwassertonnen schon in einigen Kilometern Entfernung sichtbar werden. Diese Zielerkennbarkeit hängt von ihrer Reflektionsfläche, der Impulsleistung des Senders, der Empfindlichkeit des Empfängers und der Strahlbündelungsschärfe ab.

Das Radargerät soll an Bord möglichst klein, leicht und bequem bedienbar sein. Da die Senderleistung also nicht zu groß sein darf und die Empfängerempfindlichkeit begrenzt ist, so muß man auch aus diesem Grunde den Strahlbündelungswinkel möglichst klein machen, der proportional der Wellenlänge und umgekehrt proportional der Spiegelbreite ist. Man geht deshalb beim Schiffsradar bis auf das 3 cm-Band herunter, welches kurz vor dem Absorptionsgebiet der Atmosphäre (Wasserdampf  $\lambda = 1,3$  und Sauerstoff  $\lambda = 0,5$  cm) als Ausläufer des infraroten Gebietes liegt. Die kleine Wellenlänge hat auch den Vorteil, daß die Wasseroberfläche erst sehr weit entfernte niedrige Ziele durch ihre Reflektion und Spiegelwirkung schwächen kann. Die Antennenhöhe soll etwa 15 m betragen. Der Horizont, der etwas weiter als bei optischer Sicht ist, beträgt dann etwa 20 km, so daß eine 60 m hohe Küste auf 50 km Entfernung gesehen wird. Die Antennenhöhe darf andererseits nicht zu hoch sein, damit die Sicht möglichst nahe an das Schiff heranreicht. Bei großen, hohen Schiffen kann man jedoch mit einem Bildanfang auf der Wasserfläche erst in 30 ... 50 m Entfernung rechnen. Ausführlich werden Bildstörungen und Sichtfehler z. B. durch Luftspiegelungen, Störstrahlungen, Echoausfälle, Falschechos, Mehrfachechos, Störreflektion durch Seegang, Regen und Schnee, Doppelreflektionen, Schiffsschlingerbewegungen, sektorweise Bildausfälle durch Schattenwirkung von Schiffsaufbauten behandelt und dargelegt, wie derartige Störungen erkannt, vermieden und behoben werden. Eine Tabelle der Radargeräte sämtlicher radarbauenden amerikanischen und englischen Firmen ist angefügt. Diese Tabelle enthält auch die technisch wichtigsten Angaben über die verschiedenen Geräte wie Wellenlängen, Impulsleistung und -dauer, minimale und maximale

Sicht, Seitenpeil- und Entfernungsgenauigkeit des Schirmbildes, Schirmdurchmesser usw. Vb

### Elektroakustik

DK 534.642

**Objektive Messung von Störstellen in der Tonspur von Tonfilmen.** [Nach H. H. Rust und C. Hartmann : Bild u. Ton 3 (1950) S. 367; 2 S., 1 B.]

Ein Verfahren nach einem Vorschlag von C. Hartmann<sup>1</sup> wird beschrieben, das eine meßtechnische Prüfung von Tonspuren auf Tonfilmen ermöglicht. An den Tonspuren können zwei grundsätzliche, sich akustisch auswirkende Fehler auftreten: 1. Fehler, die schon beim unbenutzten Film vorhanden sind und 2. Fehler, die durch Abnutzung einer an sich einwandfreien Tonspur entstehen, wie durch Verschmutzung und Kratzer.

Das neue Verfahren ermöglicht mit einem einfachen Gerät eine vollständige Kompensation des symmetrisch photographierten Tones und nur etwa vorhandene Fehler in der Tonspur bei Verschmutzung und Kratzern ergeben eine Anzeige. Unsymmetrie in der Tonspur macht sich dadurch bemerkbar, daß keine vollständige Kompensation zu erreichen ist.

Mit Tonlampe und Tonoptik wird ein normaler Tonspalt auf die Tonspur des zu untersuchenden Films projiziert. Hinter dem Tonspalt wird das durch den Film hindurchfallende Licht in zwei gleiche Teile zerlegt und mit zwei Lichtleitungen aus Plexiglas (kleiner Extinktionskoeffizient) zu zwei Photozellen geführt, die ihrerseits die in elektrischen Impulse umgewandelten Lichtimpulse auf die Gitter zweier Verstärkerröhren geben. Diese beiden Röhren sind in einer Brückenordnung derart geschaltet, daß sich im Ausgangstrafo alle symmetrischen Eingangsimpulse aufheben und nur unsymmetrische Eingangsspannungen im nachfolgenden Verstärker verstärkt und am Meßgerät angezeigt werden (Bild 4).

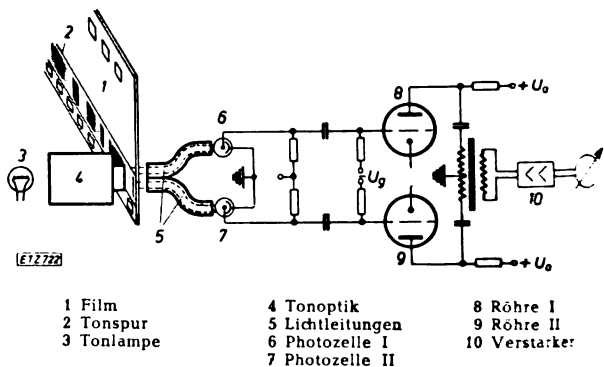


Bild 4. Schema des Meßgerätes.

Dadurch gelingt es, alle auf der Tonspur befindlichen Schwärzungsunterschiede, die nicht symmetrisch liegen, zu erfassen. Diese Stellen, sowie Inhomogenitäten des Filmmaterials oder der Emulsion, Verschmutzung, Kratzer usw. bewirken im wesentlichen die unerwünschten Störgeräusche. Die Stärke dieser Nebengeräusche läßt sich quantitativ messen.

Es ist also möglich, einmal objektiv die Güte einer Tonspur zu beurteilen, so daß fehlerhafte Originalaufnahmen sofort ausgeschieden werden können, andererseits aber bei sich einwandfreier Tonspur den Grad der Abnutzung zu bestimmen.

Durch die Benutzung einer solchen objektiven Prüfrichtung, die noch dazu recht einfach ist, ergeben sich eine Reihe von Vorteilen, die dazu beitragen werden, nicht nur Differenzen zwischen Produzenten, Verleihern und Theaterbesitzern zu vermeiden, sondern auch allgemein die Tonqualität der Filme zu erhöhen und solche Filme auszusuchen, deren Nebengeräuschpegel dem Publikum nicht mehr zugemutet werden kann. E

<sup>1</sup> C. Hartmann: Deutsche Patentanmeldung H 3899 IX a (1950).



## Röntgentechnik

DK 621.386.71

## Ein elektrostatischer 2 MV-Generator für die Röntgentherapie.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit<sup>1</sup> wird die neueste Ausführungsform des von der High Voltage Engineering Corp., Cambridge (Mass.) USA, gelieferten Einkessel-Röntgenapparates mit Bandgenerator nach van de Graaff<sup>2</sup> beschrieben und über mehrmonatige Betriebserfahrungen berichtet. Auch eine weitere Arbeit<sup>3</sup> bringt Hinweise auf diesen Apparat. Hier sollen die den Elektrotechniker interessierenden Angaben wiedergegeben werden.

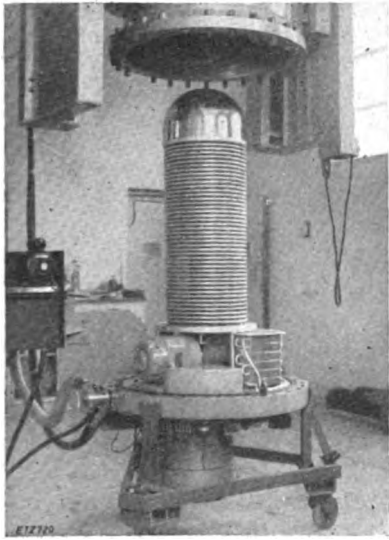


Bild 5. Innenansicht des Hochspannungsgenerators.

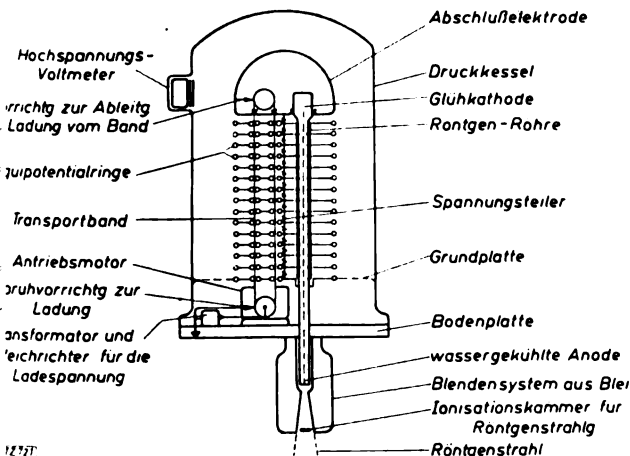


Bild 6. Schematischer Schnitt durch den 2 MV-Apparat.

Der an einem Deckenhängegerät bewegbar angebrachte Apparat besitzt den in Bild 5 gezeigten Innenaufbau. Bild 6 zeigt einen schematischen Schnitt durch die gesamte Anordnung. An den geerdeten stählernen Druckkessel (Dmr. 900 mm) ist eine Bodenplatte druckdicht angeflanscht, die den gesamten Innenaufbau trägt. In einem Abstand von ihr befindet sich innen die Grundplatte der Hochspannungssäule. Deren zylindrischer Teil ist 840 mm hoch und besteht aus 42 Äquipotentialringen von 380 mm Außendurchmesser, die voneinander durch Abstandsstücke aus Pyrexglas isoliert sind. Die Äquipotentialringe bestehen aus Aluminium; die den oberen Abschluß der Säule bildende Halbkugelelektrode ist aus rostfreiem Stahl gefertigt.

Innerhalb der Säule läuft das Ladungstransportband mit einer Geschwindigkeit von rd. 17 m/s. Es ist ein endloses, rd. 150 mm breites Band aus Baumwollgewebe, das einen Belag aus isolierendem synthetischen Gummi trägt.

Ferner befinden sich innerhalb der Hochspannungssäule der vielstufige Beschleunigungsteil der Röntgenröhre und ein Spannungsteiler, der einen gleichmäßigen Spannungsanstieg längs der Säule erzwingt. Er besteht aus Widerstandsgliedern von je 6000 M $\Omega$  zwischen zwei Äquipotentialringen. Bei Nennspannung ist die Potentialdifferenz zwischen zwei Äquipotentialringen 48 kV und der Spannungsgradient längs der Säule rd. 24 kV/cm.

In dem auf Erdpotential befindlichen Raum zwischen der Bodenplatte und der Säulengrundplatte sind untergebracht der 2 kW-Induktionsmotor für den Bandantrieb, die aus Transformator und Gleichrichter bestehende Bandbelastungseinrichtung, welche 30 kV Gleichspannung liefert, und ein mit der Wasserleitung verbundener Rippenkühler zur Abfuhr der von der Druckgasfüllung des Kessels aufgenommenen Verlustwärme der Apparatur.

Die Röntgenröhre ragt mit ihrer geerdeten Anode durch die Bodenplatte, die an dieser Stelle einen Strahlenschutzkopf aus Blei trägt, ihre Stufenbeschleunigungselektroden sind mit den Äquipotentialringen der Hochspannungssäule verbunden und ihre Glühkathode befindet sich innerhalb der Säulenabschlußelektrode, deren gegen Erde negatives Potential 2 MV beträgt.

Die Glühkathode der Röntgenröhre wird aus einem Heizstromgenerator gespeist, der mit der oberen Bandlaufrolle in der Abschlußelektrode konstruktiv vereinigt ist. Die Heizstromstärke wird mit einer Fernsteuereinrichtung geregelt, die aus einem Regelorgan innerhalb der Abschlußelektrode, Verstellmotoren zwischen Bodenplatte und Säulengrundplatte und innerhalb der Hochspannungssäule durchgehenden Isolierwellen besteht.

Zur Verminderung der elektrischen Beanspruchung des Ladungstransportbandes, dessen Lebensdauer dadurch wesentlich erhöht wird, ist in die Abschlußelektrode eine Umladungseinrichtung eingebaut worden. Ladungsabsaugelektrode und Bandlaufrolle sind isoliert in die Abschlußelektrode eingebaut und mit dieser über einen hohen Widerstand verbunden. Dadurch erhält die Abschlußelektrode ein positives Potential gegenüber dem Band und eine mit der Abschlußelektrode verbundene Aufsprühelektrode gibt eine entsprechende positive Ladung auf den abwärts zur geerdeten Antriebsrolle zurücklaufenden Bandteil ab.

Der Apparat wiegt einschließlich des Strahlenschutzkopfes etwa 1500 kg; die Kesselhöhe beträgt rd. 1800 mm. Der Druck der Gasfüllung liegt bei 26,5 kg/cm<sup>2</sup>. Es wird eine mit etwa gleichen Teildrücken zusammengesetzte Mischung aus Stickstoff und Kohlendioxid verwendet. Das Sicherheitsventil am Kessel zeigt eine anscheinend unvermeidbare geringe Undichtigkeit. Der Gasdruck sinkt deshalb täglich um etwa 0,35 ... 0,55 kg/cm<sup>2</sup>. Bis zu einem Gasdruck von rd. 21 kg/cm<sup>2</sup> herab kann der Apparat noch zufriedenstellend betrieben werden. Dann muß der Apparat nachgefüllt werden, was etwa 20 ... 30 min erfordert. Die Nachfüleinrichtung besteht aus je einer Stickstoff- und Kohlendioxidflasche, einer Mischbatterie und Silicagelfiltern mit Heißluft-Regeneriereinrichtung. Nur durch sorgfältigste Gastrocknung läßt sich das Ladungstransportvermögen des Bandgenerators auf voller Höhe halten und eine Stromstärke von 0,2 mA erzielen.

Die Bandlebensdauer ist begrenzt. Der Einbau eines neuen Bandes dauert rd. 24 h. Hiervon wird die meiste Zeit dafür benötigt, den Apparat nach erfolgtem Wiederaufbau zu evakuieren und auszutrocknen.

Zu dem beschriebenen Apparat gehört ein Schalttisch, der u. a. ein Dosismeßgerät für die Röntgenstrahlung, ein Meßgerät für den Anodenstrom der Röntgenröhre und das Anzeigeinstrument zu dem in den Druckkessel eingebauten Hochspannungsmesser aufweist. Ferner ist eine Hochspannungs-Stabilisierungseinrichtung eingebaut, die die Spannung der Bandbelastungseinrichtung des Hochspannungsgenerators regelt.

Die Apparatur ist im Bereich von 1,2 ... 2,2 MV betrieben worden. Der gesamte elektrische Leistungsverbrauch ist rd. 5 kW; der Kühlwasserbedarf beträgt etwa 4,5 l/min.

Ve

DK 621.386.17

**Elektronisch gesteuerter Röntgen - Filmaufnahmeapparat.** [Nach V. Quittner u. Ber. d. Gen. Electr. Co. Ltd.: Electronic Engng. 22 (1950) S. 363 u. 369; 8 S., 10 B.]

Seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Erfindung des Filmaufnahmeapparates — die übrigens beide ungefähr in die gleiche Zeit fallen, — wünschte man, insbesondere die wissenschaftlich medizinische Forschung, einen Röntgen-Filmaufnahmeapparat zur Verfügung zu haben, der

<sup>1</sup> H. Miller: A 2 MeV X-ray Generator for Therapy. Brit. J. Radiology 23 (1950) S. 731.

<sup>2</sup> s. a. ETZ 71 (1950) S. 18.

<sup>3</sup> F. Wachsmann: Apparaturen zur Erzeugung energiereicher Röntgenstrahlen für therapeutische Zwecke. Röntgen-Bl. 4 (1951) S. 49.

schließlich einen Film ergab, der alle Vorgänge im menschlichen Körper durch auf einen Schirm projizierte Bilder in ihrem Ablauf darstellt.

Solange aber noch für eine einzelne Röntgenaufnahme Zeiten bis zu Minuten notwendig waren, war dies unmöglich. Durch die neuentwickelten leistungsfähigen Röntgenröhren und Hochspannungsgeneratoren schrumpfte jedoch schließlich diese Zeit auf wenige hundertstel Sekunden zusammen.

So entstanden zwei mögliche Wege der Röntgen-Kinematographie. Der eine belichtete den Film nach Passieren des Objektes auf direktem Weg. Es leuchtet ein, daß das abzubildende Objekt ohne jegliche Vergrößerungsmöglichkeit sich in natürlicher Größe auf dem Film darstellt. Mit dem üblichen Film von 35 mm konnten somit nur verhältnismäßig kleine Objekte erfaßt werden.

Diese Einschränkung besteht nicht bei der zweiten sogenannten indirekten Methode, die deshalb bisher hauptsächlich benutzt wird: nachdem die Röntgenstrahlen das Objekt durchdrungen und auf einem Fluoreszenzschirm ein naturgroßes Bild entworfen haben, wird dieses durch eine normale Filmkamera mit üblichem Filmformat aufgenommen.

Verwendet man zum Betrieb der Röntgenröhren gleichgerichteten Wechselstrom ohne Siebmittel, müssen Gleichspannungsimpulse und Bildwechsel in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Bei einem kontinuierlichen Gleichstrom für die Röntgenröhre bestehen selbstverständlich diese Schwierigkeiten bei der Filmaufnahme nicht. Der Nachteil dieser Methode besteht aber in der Dauerbelastung der Röhre und der ständigen Durchstrahlung des Objektes, selbst dann, wenn der Film sich weiterbewegt und abgeblendet ist. Es sind somit bei dieser Methode, besonders bei Aufnahmen am lebenden Objekt, zahlreiche Grenzen gesetzt.

Eine synchrone Kopplung des Filmtransportes mit einer Blende, die zwischen Röntgenapparat und Objekt eingeschaltet ist, kann bereits diese gefährlichen Überlastungen bei der Bestrahlung des Patienten vermeiden, die Dauerbelastung der Röhre bleibt aber bestehen. Da gerade für Filmaufnahmen eine sehr große Helligkeit benötigt wird und die Röntgenröhre zumeist mit der Grenzlast arbeiten muß, suchte man nach einem Weg, während des Filmtransportes die Röhre abzuschalten.

Das Ein- und Ausschalten auf der Primärseite des Hochspannungsgerätes im Rhythmus des Filmtransportes ist wegen der Kürze der notwendigen Schaltzeiten unmöglich, zumal Ströme bis 50 A geschaltet werden müßten. Es bleibt somit nur der Weg offen, auf der Seite der Röntgenröhre einen Strom von ungefähr 200 mA bei einer Spannung von 100 ... 150 kV, entsprechend einer Last von 20 ... 30 kW verzögerungsfrei zu schalten.

Eine Schaltröhre muß somit in genauem Gleichlauf mit dem Filmtransport arbeiten. Sie wird in die Hochspannungsseite eingefügt, wobei Kathode und Gitter dieser Röhre auf Hochspannungspotential gegen Erde liegen. Hierdurch entsteht die schwierige Aufgabe, die Steuerimpulse von der Filmkamera ohne Verzögerung den auf Hochspannungspotential liegenden Elektroden zuzuführen.

Es gibt hierfür verschiedene mögliche Lösungen: Die mechanische Steuerung über lange isolierte Strecken muß bei schnellen Impulsfolgen wegen ihrer Trägheit ausfallen. Ein in Deutschland benutztes Verfahren arbeitet mit einem Hochfrequenzgenerator, der von der Filmkamera im Rhythmus der Bildwechsel getastet wird. Durch induktive Kopplung werden diese Hochfrequenzimpulse in den Hochspannungszweig der Schaltröhre eingekoppelt, wo sie nach Gleichrichtung schließlich die Schaltröhre durch Gitterspannungsänderung ein- und ausschalten.

Die Bestrebungen zur Vereinfachung gingen weiter und suchten nach anderen Methoden, die schließlich durch die nachfolgende Schaltanordnung gelöst wurden: Da die Aufnahmezeiten für Röntgenbilder praktisch nicht über einer viertel Sekunde liegen, dachte man an einen geeigneten Transformator, der einen Impuls von der Erdpotentialseite auf die Hochspannungsseite übersetzt, wobei dieser Impuls möglichst lange andauern soll, um zunächst einmal den Zündensatz der Schaltröhre und dann die Schaltzeit selbst zu bestimmen. Ein entgegengesetzter Impuls konnte dann abschalten.

Der wichtigste Teil der Schalteinrichtung, die außer der Schaltröhre mit zwei Hilfs-Elektronenröhren arbeitet, ist — außer der Schaltröhre selbst — der „Lang-Impuls“-Transformator. Die Primärwindung muß eine besonders lange Zeitkonstante ( $L/R$ ) besitzen, so daß sich Stromänderungen über entsprechend lange Zeiten erstrecken. Hohe Selbstinduktion bei kleinem Widerstand sind zwei schwer zu erfüllende For-

derungen. Außerdem muß auf entsprechende gegenseitige Hochspannungsfestigkeit der beiden Wicklungen geachtet werden.

Die Schaltröhre nimmt entsprechend der zu verarbeitenden Last praktisch die Abmessungen einer größeren Senderöhre an und stellt eine Sonderentwicklung dar.

Mit dem obigen elektronischen Steuermechanismus wurde in dem Institut für Anatomie der Universität Manchester eine 4 Röhren-Röntgenanlage für Spannungen bis 100 kV und Röhrenströme bis zu 400 mA neben ihrer Eignung für die üblichen Belange auch für die Herstellung von Röntgenfilmen erweitert. Bildwechsel von 4 bis 32 s sind möglich oder kurzzeitige Serienaufnahmen, die durch entsprechende Schaltmechanismen eingestellt werden können.

Die mit den beschriebenen Geräten erhaltenen Filme, die verborgene Bewegungsvorgänge durch die Röntgenstrahlen auf das Filmband gebannt haben, können nunmehr durch eine ausgezeichnete klare Projektion einem großen Kreis zur Kenntnis gebracht werden und stellen eine wesentliche Bereicherung für Forschung und Schulung dar.

## Physik

**Die Entwicklung der Mesonentheorie.** Vortrag von Prof. Hideki Yukawa anlässlich der Verleihung des Nobelpreises an ihn am 12. 12. 1949. [Nach Phys. Bl. 8 (1950) S. 350; 6 S.]

Zwischen zwei Kernteilchen, die sich im Protonen- oder Neutronenzustand befinden, müssen nach Wigner spezifische Kräfte mit sehr kurzer Reichweite wirksam sein. Heisenberg machte den Vorschlag, diese Kräfte auf den Austausch elektrischer Ladungen ähnlich wie bei chemischen Bindungen zurückzuführen, und Fermi entwickelte eine Theorie, wonach das Neutron in ein Proton, ein Elektron und ein Neutrino, ein neutrales Teilchen hoher Durchdringungsfähigkeit und sehr kleiner Masse, zerfallen kann. Dabei kam jedoch die durch den Austausch von Elektronen und Neutrino erhaltene Kernkraft viel zu klein heraus. Um diese Diskrepanz zu beseitigen, entwickelte Yukawa im Jahre 1935 die Mesonentheorie. Er beschrieb die Kernkräfte durch ein skalares Feld, das nach der Quantentheorie von neuen Kernteilchen begleitet sein mußte. Ihre Masse konnte aus der Reichweite der geforderten Kernkräfte zu rd. 200 Elektronenmassen ermittelt werden. Die Theorie erlaubte ferner, Aussagen über den Drehimpuls und die Statistik der Teilchen zu machen und lieferte für ihre Ladung den Wert einer positiven oder negativen Elementarladung. Die einfache Theorie wurde in der Folge durch die Beschreibung der Kernkräfte als Vektorfeld oder als pseudoskalares Feld wesentlich verbessert. Weiter mußte man für die Erklärung der Streuung von Protonen an Protonen ungeladene, elektrisch neutrale Mesonen einführen.

Die Entdeckung der Mesonen von 200 Elektronenmassen in der kosmischen Ultrastrahlung durch Anderson und Neddermeyer im Jahre 1938 war zunächst eine sehr befriedigende Bestätigung der Yukawaschen Vorhersage. Es ergaben sich jedoch sehr bald eine Reihe von Diskrepanzen zwischen den theoretisch vorherberechneten und den tatsächlich gemessenen Eigenschaften der neuen Teilchen. So war die Lebensdauer zu  $10^{-8}$  s berechnet worden, während sie tatsächlich bei  $2 \cdot 10^{-6}$  s lag, und die Wechselwirkung zwischen Mesonen und Kernen war wesentlich kleiner, als es die Theorie forderte. Man war daher gezwungen, die theoretisch vorhergesagten Mesonen nicht mit den gefundenen zu identifizieren, und nahm an, daß die Mesonen in der Höhenstrahlung beim Zerfall schwerer Mesonen mit den vorhergesagten Eigenschaften entstanden. 1947 entdeckte Powell u. a. in der kosmischen Strahlung tatsächlich zwei verschiedene schwere Mesonenarten, und 1948 konnten in Berkeley an künstlich hergestellten Mesonen die allgemeinen Vorstellungen der Zwei-Mesonen-Theorie bestätigt werden. Demnach sind die von Yukawa vorhergesagten Teilchen mit den schweren Mesonen von etwa 280 Elektronenmassen identisch. Die leichteren entstehen durch Zerfall der schwereren Mesonen und bilden den Hauptanteil der harten Komponente der kosmischen Höhenstrahlung. Wegen ihrer sehr geringen Wechselwirkung mit Kernteilchen sind sie für die Kernkräfte nicht verantwortlich. Aus der Identifizierung der schwereren Mesonen mit den Yukawa-Teilchen folgt die notwendige Existenz neutraler, schwerer Mesonen, die zur Erklärung einer Reihe von Experimenten in Berkeley führten.

DK 537.527.5

**Beitrag zum Studium der Lichtbogensäule.** [Nach M. J. Laouret: Rev. gén. Electr. 58 (1949) S. 357; 24 S., 23 B., Taf.]

Behandelt wird der Hochdruckbogen bei etwa 1 at in Inertgasen. Der Verfasser unterscheidet Bögen mit diffus und mit scharf ausgeprägter Bogensäule. Der letztere Typ soll im technisch bedeutungsvollen Gebiet höhere Ströme (einige 10... 100 A) nahezu konstante Temperatur über den Querschnitt aufweisen. Nach Besprechung einiger bekannter experimenteller Arbeiten sowie einer Erläuterung der Ergebnisse der kinetischen Gastheorie, des Bohrschen Atommodells und der Termdarstellung der Atom- und Molekülspektren werden für diesen Bogen theoretische Ansätze mitgeteilt, die auf folgenden Hauptannahmen beruhen: 1. Wärmeableitung und Konvektion werden vernachlässigt, 2. die Bogen temperatur entspricht der Anregungstemperatur der Molekülschwingungen, 3. die Anzahl der Moleküle im Grundzustand überwiegt gegenüber der aller anderen Teilchen, 4. die Stoßzahl ist so groß, daß eine Rückkehr angeregter Moleküle in den Grundzustand nicht möglich ist. Erst wenn durch mehrfache Stufenanregung die Ionisierungsenergie erreicht wird, erfolgt die Rückkehr in den Grundzustand unter Ausstrahlung des Rekombinationskontinuums, was den alleinigen Energieverlust des Bogens darstellt.

Die Theorie liefert in brauchbarer Übereinstimmung mit der Erfahrung als qualitatives Ergebnis die Unabhängigkeit der Bogen temperatur vom Druck  $p$ , das Ansteigen des Gradienten  $\text{prop. } p$ , den Leistungsumsatz in der Volumeneinheit  $\text{prop. } p^2$ , die Stromdichte  $\text{prop. } p$  und den Bogenquerschnitt  $\text{prop. } 1/p$ . Eine quantitative Prüfung unter Verwendung eines vereinfachten Termschemas war weniger befriedigend und weist darauf hin, daß von den Gasen, über die hinreichendes Beobachtungsmaterial vorliegt, im wesentlichen Luft den Voraussetzungen der Theorie nahe kommen. Als Stütze für die gewonnenen Anschauungen werden Spektroskopische Aufnahmen von  $N_2$ - und Luftbögen im Bereich von 50... 4500 Å wiedergegeben, die außer den Serierengrenzlinien und den vom Elektrodenmaterial herrührenden Effekten im Sinne der Theorie keinerlei Emissionsbanden der  $N_2$ - und  $O_2$ -Moleküle zeigen. Das der Rekombination des Moleküls und dem Übergang in den Grundzustand entstehende Kontinuum konnte mit den vorhandenen Mitteln nicht untersucht werden.

Scht

DK 621.385.833

**Vereinfachtes Elektronenmikroskop.** — Während die Konstrukteure sich bemühen, die Vergrößerungen des Elektronenmikroskops immer höher in den sechsstelligen Bereich zu steigern, wünschen die industriellen und biologischen Benutzer des Instruments ein Gerät mit bescheidenerer, für die praktischen Erfordernisse jedoch genügender Vergrößerung — dafür aber einfach gebaut und mit geringem Preis.

Die englische Firma Metropolitan-Vickers hat ein Strahlmodell ET4 herausgebracht, das diesen Wünschen entsprechen soll. Das neue Gerät enthält in einem einzigen Strahlkanal das eigentliche Mikroskop und seine Armaturen, einen Hochspannungsgenerator, die Vakuumpumpen und alles andere Zubehör. Das Elektronenrohr ist nur 40 cm lang und gestattet Vergrößerungen zwischen 2000 und 20000. Die Projektorlinse hat drei Magnetlücken statt der üblichen zwei. Es ist ein Vierstadienmikroskop, bei dem die Höchstvergrößerung gleich dem Produkt der Einzelvergrößerung in den vier Stadien ist. Die Rohrlänge ist der Größe der Einzelvergrößerungen proportional.

Das Rohr liegt waagrecht im oberen Teil des Schrankes. Der photographische Apparat ist am vorderen Ende eingebaut. Über dem Photoapparat ist ein schräges Fenster eingebaut, das direkte Sicht gestattet. Das Bild wird durch ein magnetisches Ablenkungsfeld auf den Schirm projiziert. Der Beobachter sitzt vor dem Mikroskop und kann bequem das Bild betrachten und die Kamera benutzen. Ein Strahlenvibrator erleichtert die Einstellung.

Hochspannungsanlage arbeitet mit Trockengleichrichter und Spannungsverdoppelung. Das Gerät hat die Gestalt eines sehr kleinen Schreibtisches.

W. Theimer

DK 537.24

**Elektrische Aufladung von Staubpartikeln in Wolken.** [Nach B. Kunkel: J. appl. Phys. 21 (1950) S. 820 u. S. 833; S., 12 B.]

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse einer großen Anzahl von Ladungsmessungen an Staubpartikeln angegeben, die in trockener Luft schwebten. Als Untersuchungsmethode diente eine an anderer Stelle<sup>1</sup> bereits beschriebene Anordnung. Die Staubpartikel werden dabei stroboskopisch mit Lichtblitzen beleuchtet und während ihres Falles durch ein elektrisches Querfeld photographiert. Jedes Teilchen hinterläßt dabei eine Punktspur, deren Neigung gegen die Vertikale ein Maß für Größe und Vorzeichen der Ladung ist. Die Teilchen werden von der optischen Anordnung nicht aufgelöst, sondern geben auf der Photoschicht lediglich ein Beugungsbild, das aber in gewissem Maße ihre Größe abschätzen läßt. Für die Auswertung muß, wie vom Millikanschen Ultröpfchen-Versuch zur Bestimmung des Elementarquantums bekannt, das Reibungsgesetz nach Stokes benutzt werden. Dabei macht die Abweichung der Partikel von der Kugelform eine Reihe von Korrekturen notwendig. Untersucht werden Teilchen zwischen 1 und  $30 \cdot 10^{-4}$  cm aus Quarz, Schwefel, Talkum, Stärke und Nickel. Herstellungsweise und Trocknung der Partikel wurden eingehend studiert. Insgesamt wurden rund 50 000 einzelne Staubeilchen vermessen. Stets traten positive, negative und neutrale Teilchen in der gleichen Wolke auf. Ließ man Quarzstaub nur mit Quarzwänden in Berührung kommen, so waren gleich viel positive wie negative Teilchen da; die Wolke erschien als Ganzes ungeladen. Analoges gilt für Schwefelstaub. Dabei spielt eine Größeneinteilung der Partikel keine Rolle. Dagegen sind die dickeren Teilchen meist höher geladen. Die Ladung steigt von rund 15 Elementarladungen bei den Partikeln unter  $1 \cdot 10^{-4}$  cm Durchmesser bis auf rund 350 bei  $1 \dots 7 \cdot 10^{-4}$  cm, und zwar etwas langsamer als die Oberfläche der Teilchen. Der Wassergehalt eines feinen, nicht hygroskopischen Puders ist praktisch unabhängig von der relativen Feuchtigkeit der umgebenden Luft. Infolgedessen sind die erhaltenen Werte von der Luftfeuchtigkeit unabhängig. Bläst man die Teilchen durch Röhren von anderem Material oder bläst man zwei Stoffe zusammen ein, so treten Unsymmetrien der Ladungsvorzeichen auf, die positive oder negative Ladung überwiegt also. Dabei spielt die Turbulenz in der Wolke eine beträchtliche Rolle. Der Verfasser versucht, die erhaltenen Ergebnisse theoretisch zu deuten. In einer zweiten Arbeit beschäftigt er sich mit den zeitlichen Änderungen der Ladung von groben Aerosolteilchen durch Zusammenstoß mit Luftionen beider Vorzeichens. Hier handelt es sich also um sehr kleine Teilchen mit höchstens 10 Elementarladungen. Durch Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen gelingt es auch hier, die beobachteten Ladungsänderungen theoretisch zu deuten.

Eu

## Verschiedenes

DK 53 (061.3)

### Tagung der Nordwestdeutschen Physikalischen Gesellschaft e. V. in Braunschweig.

Vom 22. bis 25. April fand in Braunschweig die diesjährige Frühjahrstagung der Nordwestdeutschen Physikalischen Gesellschaft statt. Nach der Vorstandssitzung und dem zwanglosen Begrüßungsabend eröffnete am Montag früh der Vorsitzende Prof. Dr. Weizel, Bonn, die Tagung. Zur Begrüßung hatten sich Vertreter der Braunschweiger Stadtverwaltung und der Rektor der T.H., Prof. Koesler, eingefunden. Die insgesamt 33 Vorträge dauerten von Montag früh bis Mittwoch mittag. Für die Leser der ETZ sind zunächst die zusammenfassenden größeren Referate interessant: M. Kohler, Braunschweig, sprach über die Fortschritte auf dem Gebiet der allgemeinen Relativitätstheorie und die neuen Theorien von Einstein und Schrödinger. M. Kersten, Jena, brachte seinen Hörern die physikalischen Grundlagen der modernen Magnetwerkstoffe nahe. Er berichtete über die Versuche, die ferromagnetischen Eigenschaften durch möglichst wenige, physikalisch sinnvolle, das heißt mit dem kristallinen oder atomistischen Aufbau verknüpfte Konstanten und eine einheitliche Theorie zu erklären. Das dritte große Referat hielt G. Busch, Zürich, über Fortschritte auf dem Gebiet der Halbleiter.

Die dreißig Kurzvorträge berichteten über neue Forschungsergebnisse im gesamten weiten Gebiet der Physik. Zur Elektrotechnik standen zunächst die dem Gebiet der Gasentladung entnommenen Vorträge in enger Beziehung.

<sup>1</sup> Kunkel u. Hansen: Rev. sci. Instr. 21 (1950) S. 308. Hingewiesen sei ferner auf eine Arbeit von E. Schweckendieck: Z. Naturforsch. 5a (1950) S. 397, der Kettenbildung in Aerosolen beobachtete.

H. Bartels, Hannover, und W. Göing, Hannover, sprachen über Hg-Höchstdruckbögen bei Stoßentladungen, W. Eiselt, Hannover, über explodierende Drähte und J. Euler, Braunschweig, über die Farbtemperatur des positiven Graphitkraters. Über den Vortrag von W. Eiselt wird noch gesondert berichtet werden.

Zum elektrischen Leitungsmechanismus in Festkörpern sprachen K. M. Koch, Wien (Bi-Sn-Legierungen), F. Sauter, Göttingen, u. a. (Widerstand von Alkalimetallen am Schmelzpunkt), K. Hauffe, Greifswald (Oxyde mit Eigen- und Eigenstörstellen-Halbleitung) und E. Justi, Braunschweig, u. a. (Supraleitung von PbS). Die Vorträge von F. Früngel, Hamburg, und D. Elle, Göttingen, hatten die Funkenstroboskopie zum Thema und brachten insbesondere technische Einzelheiten. H. Boersch, Braunschweig, sprach über den Zusammenhang zwischen Kontrast und Zerstörungsdosis im Elektronenmikroskop. Hier dürfte auch der Vortrag von H. Friedburg, Göttingen, u. a. über Abbildungen mit neutralen Atomen unter Ausnutzung des Stern-Gerlach-Effektes erwähnt werden.

Für physikalisch besonders bedeutsam hält der Referent den Vortrag von W. Lichte-Holtgreven, Kiel, über das Leuchten des negativen Wasserstoffions. Das bei der Bildung des H-Ions entstehende Kontinuum wird von der theoretischen Astrophysik seit langem für die Sonnenstrahlung verantwortlich gemacht, ist aber wegen der geringen Elektronendichten bisher im Laboratorium nicht beobachtet worden. Nunmehr konnte sein Auftreten unter bestimmten Bedingungen im Kieler Physikalischen Institut experimentell gesichert werden.

K. Voelz, Braunschweig, schließlich und W. Meyer-Eppler, Bonn, sprachen über akustische Probleme.

Die Tagung war verhältnismäßig gut besucht, auch aus dem Ausland und der Ostzone waren zahlreiche Gäste erschienen. Besonders darf auf die Anwesenheit von Prof. H. Ladenburg aus den USA hingewiesen werden, der selbst lange Jahre an deutschen Universitäten lehrte und viele Bekannte begrüßen konnte. Besichtigungen der optischen Werke Voigtländer, des Volkswagenwerkes Fallersleben und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt schlossen die erfolgreiche Tagung harmonisch ab.

J. Euler

DK 725.91 : 625.24

**Eine Ausstellung auf Rädern.** [Nach C. P. Fisher: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 55; 3 S., 3 B.]

Mit der Indienststellung eines neuen Spezialzuges hat die in Werbungssachen schon immer sehr großzügige „General Electric“ ihre bisher größte Einzelleistung auf diesem Gebiet vollbracht. Der Zug, der unter dem Namen „More Power to America Special“ eingesetzt wurde, ist nicht für die Öffentlichkeit bestimmt, sondern auf den einzelnen Haltestationen werden die in Frage kommenden Abnehmer aus Industrie, Handel, Gewerbe und der staatlichen und städtischen Behörden eingeladen, da er nach den Ausführungen des Vizepräsidenten der „General Electric“ nicht nur für die Erzeugnisse der Firma werben, sondern mehr als eine Anregung für die amerikanische Industrie als Ganzes dienen soll. Er soll rund 150 Industriezentren der Vereinigten Staaten aufsuchen und besteht aus 10 durchgehenden Wagen, von denen einer als Empfangsraum und Garderobe und ein anderer als Aufenthalt für das Begleitpersonal gedacht ist. Gezogen wird der Zug von einer zweiteiligen dieselelektrischen Lokomotive, die bei einem Gewicht von rd. 300 t und einer Leistung von 4500 PS eine Spitzgeschwindigkeit von 145 km/h entwickelt. Durch Anwendung aller Feinheiten wurde die Dauer-Zugleistung gegenüber früheren Modellen gleicher Größe und gleichen Gewichtes um 25% gesteigert. Bekanntlich haben sich dieselelektrische Lokomotiven in Amerika weitgehend durchgesetzt und tun das auch weiterhin, was sowohl auf den hohen Wirkungsgrad der Dieselmotoren, wie auch auf die weiche Anpassungsfähigkeit des elektrischen Antriebes zurückzuführen ist.

In den verbleibenden Vorführungswagen stellt die Firma rund 2000 ihrer Erzeugnisse und ihre neuen Ideen in einer sehr instruktiven Art aus. So sind z. B. neue Düsenmotoren mit einer durchsichtigen Kunststoffumhüllung versehen und können von den Besuchern in Betrieb gesetzt werden, wobei die Möglichkeit besteht, die Umlaufgeschwindigkeit zu regeln. Von Hochdruckdampf- und Wasserturbinen sind Schnittmodelle ausgestellt. Schalterkontakte haben

ebenfalls eine durchsichtige Umhüllung, so daß man die Unterbrechung des Lichtbogens beobachten kann. Ganz allgemein ist es das Bestreben gewesen, die Besucher dadurch gewissermaßen als Benutzer der einzelnen Einrichtungen zu sehen, daß man ihnen, soweit es durchzuführen war, eine Betätigungsmöglichkeit gab. So kann der Besucher ein dieselelektrischen Zug in Betrieb setzen und nach Belieben rangieren, er kann die Stärke einer Innen- und Außenbeleuchtung regeln, sowie die Geschwindigkeit eines Schwanzwerks und, wenn er will, kann er sogar einen Scher Sturm hervorrufen, alles natürlich nur im Modellmaßstab. Auch an die Elektrowärme in der Industrie, an die Elektro-Schweißung und an die verschiedenen Meß- und Kontrolleinrichtungen hat man gedacht.

Alles ist in logischer Folge so aufgebaut, um die gesamten Ausrüstungen und die Techniken für die Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Anwendung der elektrischen Energie zu zeigen. Wenn man bedenkt, welche Schwierigkeiten die Ausstattung des Zuges schon allein dadurch mit sich reitet hat, daß man die verschiedenen schweren Teileschränke mußte, weil durch die Tragfähigkeit der Wagen eine obere Grenze gegeben war, daß diese Teile gleichmäßig in den Wagen verteilt werden mußten, um Unbalancen zu vermeiden und daß die Abmessungen der Einzelteile die Maße der Wagen und der Türen begrenzt waren, kann man sich unschwer vorstellen, welche große Arbeit die Fertigstellung gemacht hat.

Alles in allem ist die Besichtigung der Ausstellungsges nach unseren Begriffen für einen Besucher vielleicht etwas viel, aber immerhin muß man den Mut der „General Electric“ anerkennen, deren Bemühen der Erfolg nach eigener Ansicht auch bei diesem Unternehmen nicht versagen wird.

## Kurznachrichten

**VDI-Hauptversammlung.** — Vom 30. Juli bis 3. August 1951 hält der Verein Deutscher Ingenieure seine 81. Hauptversammlung in Hannover (Stadthalle) ab. Auf der Tagung werden in 11 Fachsitzungen insgesamt 33 Themen behandelt. Anmeldungen: VDI-Geschäftsstelle, Düsseldorf, Prinz-Georg-Straße 77.

**Deutsche Musikmesse 1951.** — Die Deutsche Musikmesse 1951 wird vom 31. August bis 5. September in Düsseldorf durchgeführt. Auch Hersteller von phonographischen Erzeugnissen sowie Orgelbauer werden sich an der Messe beteiligen.

**Erste deutsche Fernsehstrecke.** — Die erste deutsche Fernverbindungsanlage für Fernsehen verbindet die Städte Hamburg und Köln mit einer Dezimeterwellen-Funkstrecke und Relaisstationen zum Austausch ihrer Fernsehprogramme. Die NWDR wird dadurch die Möglichkeit gegeben, den zukünftigen Fernsehteilnehmern Nordwestdeutschlands die Fernsehdarbietungen beider Studios zu vermitteln.

Zwischen beiden Städten werden in Abständen von durchschnittlich 50 km unter Ausnutzung der natürlichen Bodenerhebungen rd. 9 Zwischenstationen errichtet werden. Diese Zwischenstationen, die Empfänger und Sender enthalten, nehmen die am Ausgangspunkt mit einer Frequenz von rd. 2000 MHz (15 cm Wellenlänge) ausgestrahlten Fernsehsendungen auf und geben sie an die nächste Relaisstation weiter. — Die neue Richtverbindungsstrecke<sup>1</sup> soll später weiter bis nach Süddeutschland geführt werden.

**AEG im Frankfurter Hochhaus.** — Die Zentralverwaltung der AEG hat ein neues, 10stöckiges Hochhaus an der Friedensbrücke in Frankfurt a. M. bezogen. Darin konnten alle bisher in Hamburg, Frankfurt, Essen und München abgebrachten Verwaltungstellen der AEG vereinigt werden. Im Kellergeschoß soll eine ständige Ausstellung von AEG-Geräten eingerichtet werden.

**Neue Fabrik der Dr. Beck & Co.** — Die Spezialfabrik für Elektroisoliervlacke Dr. Beck & Co., die seit 1904 in Berlin bestand und 1945 nach Hamburg übersiedelte, hat jetzt in Hamburg-Billbrook ein neues Werk errichtet, das 12 000 m<sup>2</sup> groß ist, wovon die Hälfte mit massiven Fertigungsanlagen bebaut ist.

<sup>1</sup> Hersteller: Telefunken GmbH.

## VERSCHIEDENES

### PERSÖNLICHES

**Brendel †.** — Am 27. 2. 1951 starb Herr Friedrich Brendel im Alter von 71 Jahren nach langer schwerer Krankheit. Er ist eines der Mitglieder der ersten Elektrowärme-Kommission des VDE gewesen, die 1911 zusammentrat, um Vorschriften für die Haushalt-Elektrowärmegeräte zu schaffen. Schon frühzeitig, 1898, trat er in die Firma Hugo Hellberger in München ein, deren Begründer den bekannten Hellberger-Ofen geschaffen hat und übernahm 1907 die technische Leitung der Firma Therma in München, einer Schwestergesellschaft der Fa. Therma, Schwanden in der Schweiz. Auch hier galt sein Hauptaugenmerk der Weiterentwicklung der Haushalt-Elektrowärmegeräte. 1916 gründete er eine eigene Fabrik für elektrische Beheizung, deren Leitung er 1922 abgab, um für eine Reihe führender deutscher Fabriken die Vertretung zu übernehmen. In dieser Tätigkeit bewies er sein umfassendes Können und seine Fähigkeit, sich in technische Probleme rasch und gründlich einzufühlen. Bis in seine letzten Tage versuchte er, trotz schwerer Behinderung durch eine Krankheit, seinen Beruf durchzuführen. Sein schlichtes Wesen, seine unbedingte Zuverlässigkeit, seine nimmermüde Schaffensfreudigkeit brachten ihm das Vertrauen aller ein, die mit ihm zusammenarbeiteten und von ihm beraten wurden. Harald Müller

**Ringsdorff †.** — Am 7. Juni 1951 verschied nach längerer Krankheit Hans Ringsdorff, Inhaber und Leiter der Ringsdorff-Werke, Mehlem/Rhein, im Alter von 63 Jahren. Aus dem Kleinen, nur in den Grenzen des eigenen Landes bekannten väterlichen Unternehmen schuf der Sohn ein



Unternehmen, das auch die harten Schläge des zweiten Weltkrieges überdauernd sich erneut Geltung auf allen Märkten der Welt verschaffen konnte.

Unter der Leitung von H. Ringsdorff erweiterte die ursprüngliche Dynamobürstenfabrik ihr Programm durch Aufnahme der Fabrikation von Bürstenhaltern und später von Batteriekohlen, Lichtkohlen, Schweißkohlen, Kohleschleifsteinen und Sintermetall-Erzeugnissen.

H. Ringsdorff war bahnbrechend auf dem Gebiete der Metallgraphit-Bürstenherstellung. Ein zweites Mal griff er erfolgreich in die Entwicklung der Kohlebürsten ein, indem er die Entwicklung der Elektrographitbürste auf dem europäischen Markt den entscheidenden Impuls gab.

Mit H. Ringsdorff ist ein Unternehmer von ungewöhnlichem Format dahingegangen, bei dem in seltener Weise Härte des Verstandes, Härte des Willens und Weichheit des Herzens gepaart waren. ii

**V. Schlink.** — Prof. D. theol. h. c., Dr. phil., Dr. Ing. Wilhelm Schlink von der Technischen Hochschule Darmstadt konnte in diesen Tagen sein Goldenes Doktor-Jubiläum feiern.

Prof. Schlink erwarb 1897 in Darmstadt den Titel eines Dipl. Ing., promovierte im Jahre 1901 an der Königlich Bayerischen Ludwigs-Maximilians-Universität zu München mit einer Arbeit über das Thema „Über die Deformation von Häuten rhombischer Struktur unter Einwirkung von Umfangskräften, die in der Ebene der Haut liegen“ und habilitierte sich 1902 in Darmstadt. Im Jahre 1907 wurde der Jubilar nach Braunschweig berufen und folgte im Jahre 1921 einer Berufung nach Darmstadt. Hier wirkte Prof. Schlink, der 1948 von den amtlichen Pflichten entbunden wurde, weiterhin als beliebter akademischer Lehrer, der eine enge Fühlung mit den Studierenden besitzt. of

**Hochschulschichten.** — Auf Antrag der Fakultät für Elektrotechnik verlieh die Technische Hochschule Darmstadt dem Präsidenten der Industrie- und Handelskammer Mannheim, Dr. jur. et rer. pol. Hans Leonhard Hammerbacher, Vorsitz des Vorstandes der Brown, Boverie & Cie. AG, in Anerkennung seiner großen Verdienste um den Wiederaufbau der deutschen Elektroindustrie, die Würde eines Ehrensensors. of

Die Technische Hochschule Fridericiana Karlsruhe hat Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Adolf Pirrung, Vorsitz des Vorstandes der Energie-Versorgung Schwaben AG., die Würde eines Ehrensensors verliehen, „in Anerkennung seiner Pionierleistung für die deutsche Stromversorgung und seines hervorragenden Interesses für alle Fragen des Ingenieurwachstums“. Mit dieser Ehrung hat auch die T. H. Karlsruhe die Lebensarbeit von A. Pirrung gewürdigt, der heute im 73. Lebensjahr steht und in geistiger und körperlicher Frische an der Spitze der Energie-Versorgung Schwaben AG. tätig ist. ii

Die Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften der T. H. Karlsruhe hat die Würde eines Dr. rer. nat. h. c. Herrn Dr. phil. Konrad Knopp, emer. o. Professor der Mathematik an der Universität Tübingen, verliehen in Anerkennung seiner hervorragenden wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiete der modernen Theorie der unendlichen Reihen und seiner hervorragenden Verdienste um die Darstellung mathematischer Theorien. of

**Jubiläum.** — Am 26. Mai 1911 begründete Wilhelm Binder die seinen Namen tragende Maschinen & Elektro-Apparate-Fabrik in Villingen (Schwarzwald), die jetzt ihr 40jähriges Bestehen feiern konnte. Das Werk wurde vor 30 Jahren durch seine elektromagnetischen Aufspanngeräte bekannt und betrachtet noch heute die Elektromagnete als ihr wichtigstes Arbeitsgebiet. Daneben wurden auch permanentmagnetische Aufspanngeräte entwickelt.

Wilhelm Binder, der Gründer und Inhaber des Betriebes, steht heute im 65. Lebensjahr und leitet in voller Rüstigkeit sein Unternehmen. ii

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.59.001.8 (023)

**Die Rolle des Geistes in der Nachrichtentechnik.** Von Prof. Dr. Hans Piloty. Mit 16 S., Format 15×23 cm. Leibniz Verlag, München 1949.

In seiner Rektoratsrede vom Dezember 1948 verteidigte Piloty die Technik gegen den Vorwurf, geistfeindlich zu sein. Der einleitende Abschnitt „Geist und moderne Technik“ weist auf den großen Irrtum hin, der in den Jahren nach dem Kriege von mancher — vor allem geisteswissenschaftlicher — Seite dadurch begangen wurde, daß sie aus dem Mißbrauch technischer Erzeugnisse ableiten zu können glaubte, die Technik an sich sei böse und mit dem Begriff des Geistes unvereinbar. Am Beispiel der modernen Nachrichtentechnik, über deren Entwicklung und heutigen Stand ein kurzer Abriss gegeben wird, zeigt Piloty auf, in welchem Umfang heute jede neue technische Aufgabe eine umfangreiche geistige Tätigkeit des Ingenieurs erfordert, welche engen Verbindungen hierbei zur Mathematik und Physik,



aber auch (zum Beispiel in der Vermittlungstechnik) zur Logik bestehen, und wie gerade auch in der Nachrichtentechnik neben die analytischen Denkmethode der Naturwissenschaften neue „synthetische“ Denkmethode treten, die sich aus der Aufgabe entwickeln, technische Gebilde mit willkürlich vorgegebenen Eigenschaften theoretisch vor auszurechnen.

Wenn auch die Tätigkeit des Ingenieurs stets zweckgebunden ist, so erfordert sie doch in immer steigendem Maße geistige Arbeitsmethoden, die auch vom Standpunkt des reinen Denkens aus großes Interesse verdienen. Allerdings erfordert eine Beurteilung dieser gegenseitigen Beziehungen zwischen Geist und Technik eine erhebliche Sachkenntnis und Piloty bittet am Ende seiner Ausführungen diejenige Kritiker der Technik, die über diese Sachkenntnis nicht in ausreichendem Maße verfügen, in ihrer Beurteilung der Technik etwas zurückhaltender zu bleiben. V. A s c h o f f

DK 519.2 (023.4)

**Statistische Urteilsbildung.** Erläutert an Beispielen aus Medizin und Biologie. Von H. Gebelein und H.-J. Heite. Mit 192 S., 50 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 15,60 DM.

Das Buch gibt einen klaren Abriss statistischer Schlüsse und Urteilsweisen, wobei nach einer allgemeinen Einführung insbesondere einfache und mehrfache Korrelationen behandelt werden. Neben der bekannten Normalverteilung der Gaußschen Glockenkurve wird die „Normalverteilung zweiter Art“ eingeführt, die sich durch eine logarithmische Transformation auf die symmetrische Glockenform reduzieren läßt. Dieser Normalverteilung zweiter Art liegt eine multiplikative Verkettung der Störfaktoren zugrunde, wie sie besonders dem Wesen biologischer Tatbestände gerecht wird. Alle Beispiele im Buche entstammen der Medizin und Biologie, so daß sich der Ingenieur der Mühe unterziehen muß, in seinen Fachjargon umzudenken. Tut er es, so wird ihm das Buch von gutem Nutzen sein. Druck und Ausstattung sind vorzüglich. U. Graf

DK 621.3 (022.4)

**Einführung in die Elektrotechnik.** Von E. Dünner. Mit 476 S., 442 B., 7 Taf., Format 16×23 cm. Rascher-Verlag, Zürich 1947.

Das vorliegende Buch stellt die erweiterte Fassung der Vorlesungen dar, die der Verfasser (Ordinarius für Elektrische Maschinen) seit langen Jahren an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich über „Einführung in die Elektrotechnik“ für Maschineningenieure hält. Der Autor wendet sich also an Leser, die einerseits den zum Verständnis des ersten, den Feldern der Elektrotechnik gewidmeten Kapitels notwendigen mathematischen Apparat beherrschen, daneben aber über genügende Kenntnisse auf dem Gebiet der Physik, Mechanik und Maschinenelemente verfügen, um den Erfordernissen des Buches zu entsprechen.

In einem einleitenden Kapitel, das das elektrische Feld, das stationäre elektrische Strömungsfeld und das magnetische Feld in der heute üblichen vektoranalytischen Behandlung bringt, werden die für die späteren Darlegungen notwendigen elektrischen und magnetischen Grundbegriffe eingeführt, wobei jedesmal geschickt eingestreute Zahlenbeispiele den Leser mit den Größenverhältnissen vertraut machen. Eine kurze Gegenüberstellung der in der Elektrotechnik gebräuchlichen Maßsysteme schließt das Kapitel ab. Das zweite Kapitel behandelt die Grundlagen der Wechselstromtechnik: In der trigonometrischen, vektoriellen und symbolischen Darstellung werden Wechselstromwiderstand, Leistung, Resonanz in einwilligen Stromkreisen erörtert nebst einer kurzen Diskussion der Mehrphasensysteme. Es folgt dann ein Abschnitt von 20 Seiten über die Baustoffe der Elektrotechnik, der das Wesentliche über die Leiter der magnetischen und elektrischen Stromkreise und Isolierstoffe sagt. Wiederum wird dem Leser durch gut gewählte kleine Zahlenbeispiele das Verständnis für Wesen und Größenordnungen der elektrischen Festigkeitslehre beigebracht.

Der in den bisherigen Kapiteln erarbeitete theoretische Fundus wird im folgenden auf die Maschinen, Anlagen und Apparate nebst der zugehörigen Meßmethodik der Elektrotechnik angewendet. Die nächsten Kapitel bringen: die Synchronmaschinen, die Asynchronmaschinen, die Gleichstrommaschine, die Kommutatormotoren und Umformer. Rechnung, Diagramme, konstruktives und betriebstechnisches

Material wechseln wohl abgewogen ab. Das Buch schließt mit einem kurzen Kapitel über die Elektronenröhren, welches neben den theoretischen Grundbegriffen Anwendung bringt, ferner mit je einem Kapitel über Grundbegriffe Meßtechnik und der Elektrischen Anlagen.

Für den Bericht, der an einer deutschen Technischen Hochschule Theoretische Elektrotechnik liest, hatte es einen besonderen Reiz festzustellen, wie unbekümmert der Verfasser sofort zu Anfang auf die vektoranalytische Behandlung der Felder der Elektrotechnik lossteuert; in einem schon entsprechenden einführenden Lehrbuch hätte der Verfasser erst eine Exkursion von 50 Seiten über die Vektorrechnung vorausgeschickt. Der Grund zu diesem Verstoß ist in der gründlicheren mathematischen Fundierung Studenten der Züricher T. H. zu suchen (mehr Wochen des mathematischen Inhalts in den ersten vier Semestern späterer Beginn der elektrischen Disziplinen). Ebenso voll war es beim Lesen festzustellen, wie sehr die Liebe des Verfassers dem Elektromaschinenbau gegenüber bezweifle, daß ein in der Hochfrequenztechnik nicht weiter Leser das Kapitel über Elektronenröhren mit demselben Nutzen liest, wie die starkstromtechnischen Inhalts. Da aber vielleicht der einzige Einwand, den man dem Verfasser entgegenhalten kann. Das Lehrbuch ist von sehr hohem didaktischen Wert, und ist ein Leses nicht der Ansicht, daß die Elektrotechnik durch einmaliges Lesen einer Erklärung verstanden haben muß, so kann ihm nichts anderes als das Studieren dieses Werkes angeraten werden. L. v. Szalay

DK 621.396.621.029.4

**Vom Dipol zum Lautsprecher.** Von Alfred Nowak und Ferdinand Schilling. Mit 296 S., 150 B., Format 14×21 cm. Verlag Weidemanns Buchhandlung, Hannover 1950. Preis DM 14,80.

UKW — ein fast täglich gebrauchter Begriff in der modernen Rundfunkempfangstechnik, umschließt ein Gebiet über das der interessierte Fachmann und technisch vorgebildete Rundfunkhörer nähere Erläuterungen bisher durch mühsames Suchen in vielen Fachzeitschriften gefunden hat. Das vorliegende Buch „Vom Dipol zum Lautsprecher“ bietet erstmalig eine wirklich erschöpfende Behandlung aller Probleme der UKW-Rundfunktechnik. Wenn die Verfasser ihrem Vorwort sagen, daß ihr Buch freiwillig die Gestalt eines Lehrbuchs angenommen hat, so mögen sie wissen, in der Hauptsache an die Gliederung gedacht haben, durch zwei verschiedene Schriftarten gekennzeichnet. Anfänger die Grundelemente nahe bringt, während der Fortgeschrittene einen vollständigen Leitfadens von der UKW-Abstraktion bis zum kompletten Empfänger in der Hand hält. Aber die anschaulichen Zeichnungen und Bilder und die Genauigkeit des Stoffaufbaus machen es für ein Eindringen in die neue Technik so wertvoll. Die ersten Kapitel behandeln die Fragen der Reichweite, Arten der UKW-Antennen und ihre Funktion. Die Abhandlung über die Modulationsarten läßt besonders die Wirksamkeit der für UKW so wichtigen Frequenzmodulation klar verständlich werden. Daß, speziell verwendet, wo nötig auch einige mathematische Ableitungen gebracht werden, dürfte den Reiz des Buches nur erhöhen. Sehr begrüßt wird jeder sicherlich die Kapitel über die Fragen bei AM- und FM-Empfang und über die Feldstärkefrage bei FM-Empfang. Was in guter Unterteilung über einzelnen Stufen (Mischstufe, ZF-Verstärker, Begrenzer, Gleichrichter) eines FM-Empfängers geschrieben ist, ist so gut mit Zahlenbeispielen und Hinweisen auf die praktische Aufbauweise durchsetzt, daß es als beste Anleitung für Selbstbau eines Gerätes — in Verbindung mit den besten Musterschaltbildern einiger Industriegeräte — angesehen werden kann. Auch den Pendelrückkopplern ist ein, sogar reichhaltiges, Kapitel gewidmet. Wer kennt den Grund für die Wahl der Zwischenfrequenz von 10,7 MHz, weshalb ist Begrenzer notwendig und wie wird er aufgebaut? Wie wird ein FM-Empfänger abgeglichen, ist ein magisches Augenmerk den verschiedenen FM-Gleichrichterarten anwendbar? sind nur wenige herausgegriffene Fragen, die leicht verständlich — aber technisch exakt — beantwortet werden können. Alles in allem, das Buch des UKW-Rundfunkempfangs, das jeder Techniker seine helle Freude haben wird, wenn er die Mühe gemacht haben, uns endlich einmal einen vollständigen Abriss über den modernsten Zweig der Funktechnik in die Hand zu geben. K.-H. Deutscher

DK 621.365.2./3 (022.4)

**Einführung in die Probleme des elektrischen Lichtbogen- Widerstandsofens.** [Von Dr.-Ing. Erich Kluss. Mit 3 S., 163 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, 1951, Heidelberg 1951. Preis Glw. 28,50 DM.]

Der Titel des Buches ist etwas weiter gefaßt als sein sächlicher Inhalt. Es handelt sich nämlich nicht um eine Einführung in die Probleme des elektrischen Lichtbogen- Widerstandsofens, sondern um eine Einführung in die elektrischen Probleme des elektrischen Lichtbogen- Widerstandsofens. Dies etwas engere Thema wird allerdings mit großer Sachkenntnis und Gründlichkeit behandelt, daß das Buch durchaus geeignet erscheint, in der Literatur bisher vorhandene empfindliche Lücken zu schließen. Die Voraussetzungen, die an den Leser gestellt werden, gehen dabei nicht über das Maß hinaus, welches einen Absolventen der Elektrotechnik oder Physik an technischen Hochschulen gestellt werden muß. Das Werk in 10 Kapitel eingeteilt, wobei die ersten Kapitel grundlegende Ableitungen behandeln, deren Ergebnisse man zum größten Teil für die folgenden Kapitel benötigt, die den eigentlichen elektrischen Verhältnissen im Ofen gewidmet sind. Für die meisten Leser ist es, sofern sie die anfangs gebrachten Ableitungen übergehen wollen und sich mit den Ergebnissen, z. B. den Formeln für induktive Widerstände, magnetische Felder, ponderomotorische Kräfte, Wirbelströme, Stromverdrängung begnügen, unnötig, die ersten Kapitel des Buches ausführlich zu studieren. Für diese Leser ist es, die letzten 4 Kapitel durcharbeiten.

In diesen die elektrischen Probleme des Widerstandsofens behandelnden Abschnitten wird zunächst der Widerstandsofen in einer bisher nicht bekannten Ausführlichkeit durchgerechnet. Hierauf folgt ein Abschnitt über den Lichtbogenofen, in welchem neben dem Gleichstrom-Lichtbogen insbesondere auch der Wechselstrom-Lichtbogen berücksichtigt wird, der ja für den Lichtbogenofen große Bedeutung besitzt. Im nächsten Kapitel werden die Unsymmetrieprobleme des Drehstromsystems unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Ofen dargestellt. Die weiteren Kapitel befassen sich mit den Ofenformformatoren und mit den nicht stationären Betriebszuständen sowie den Ausgleichsvorgängen an diesen. Das Werk wird sicherlich einen guten Absatz finden, da es seinen Einführungszweck in die elektrischen Probleme des elektrischen Lichtbogen- und Widerstandsofens noch einen Zweck als Nachschlagewerk bei der Bearbeitung mathematischer Aufgaben beim Ofenbetrieb erfüllen kann.

Th. Rummel

DK 621.43 (023.2)

**Brennkraftmaschinen.** Von Prof. Dr.-Ing. E. Oehler. Mit 10 S., 154 B., Format DIN A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Hlw. DM 12,80.

Die Buchreihe „Fachbücher für Ingenieure“ des Verlages Girardet Essen bietet Arbeitsgrundlagen für werdende und tätige Ingenieure. Sie soll auf abgegrenzten Fachgebieten Voraussetzungen, Bedingungen und Erfahrungen vermitteln.

Im Buch „Brennkraftmaschinen“ werden einleitend die Brennkraftmaschinen hinsichtlich ihrer Einteilung und Entwicklung besprochen und sodann in ihrer Wirkungsweise genauer betrachtet. An einer Reihe von Einzelteilen werden besondere Probleme erörtert. In einem längeren Abschnitt werden die Grundlagen der Wärmelehre gebracht, insbesondere Kreisprozesse und die theoretischen P, V-Diagramme von Otto-, Dieselmotoren und des gemischten Vergleichsprozesses (Seiliger). Mit Hilfe des mittleren Druckes werden die Leistungsabmessungen berechnet.

Eingehende Betrachtungen über Brennstoffe und Klopfpneumonien, Gemischbildung, Vergaser und Einspritzpumpe leiten über zu einem Berechnungs- und Konstruktionspiel, zur Konstruktion eines Fahrzeugmotors. Zahlreiche Zeichnungen und eine Vielzahl perspektivischer Darstellungen sind gute Hilfsmittel für den konstruktiven Unterricht. In weiteren Abschnitten werden Sonderfragen an Dieselmotoren, schnellaufenden Motoren und Leichtmotoren behandelt. Bei den Zweitaktmotoren sind eingehend besprochen Auspuff-, Spül- und Aufladungsvorgänge.

Der letzte Abschnitt behandelt Möglichkeiten der Leistungssteigerung, wobei insbesondere die Erhöhung des Drehmomentes durch Aufladung von Interesse ist.

Alle Lernenden werden das Buch dankbar begrüßen. Es ist erwünscht, wenn bei einer Neuauflage vom Stand-

punkt des Wirkungsgrades die Stellung der Brennkraftmaschinen innerhalb der Kraftmaschinen dargelegt würde und im Anschluß an die Entwicklungsmöglichkeiten die Aussichten der Brennkraftmaschinen für die Zukunft.

F. W. Winter

DK 669.71 (021.3)

**Aluminium-Taschenbuch.** Hrsg. Aluminium-Zentrale e. V. 10. Aufl. Mit 18 u. 630 S., 300 B., 130 Taf., Format 12×18 cm. Verlag der Aluminium-Zentrale e. V., Düsseldorf 1951. Preis Glw. 12,60 DM.

Mit der zehnten Auflage erscheint nach einer Pause von neun Jahren das Aluminiumtaschenbuch wieder. Der Elektrotechniker wird es besonders begrüßen, da es auf die meisten seiner Fragen, die Aluminium und seine Legierungen irgendwie betreffen, hinreichende Auskunft gibt und wenn sie nicht genügt, ihn durch ausreichende Zitate bis an die Originalliteratur des letzten Jahres heranführt. Siebzig Seiten sind dem Aluminium in der Elektrotechnik gewidmet; für sie gilt das Gesagte noch mehr. Sie führen in die Besonderheiten ein, die bei Verwendung von Aluminium zu beachten sind und schildern die Verwendung im Elektromaschinenbau, in den Schaltanlagen, bei Freileitungsbau usw.

Durch die Überarbeitung von neun Auflagen ist im Laufe der Jahre ein Standardwerk entstanden, das auch in der Bücherei des Elektrotechnikers einen Platz haben sollte.

Die Tabellen enthalten kleine Mängel. Die Wärmeleitfähigkeit sollte in  $\text{cal cm}^{-1} \text{s}^{-1} \text{grad}^{-1}$  angegeben werden, der Widerstandstemperaturkoeffizient in  $\text{grad}^{-1}$ . Für die Wärmeleitfähigkeit von Al 99,7 fand der Berichter nach 2 sehr verschiedenen Verfahren den im „Taschenbuch für Chemiker und Physiker“ ebenfalls angegebenen Wert von  $0,55 \text{ cal cm}^{-1} \text{s}^{-1} \text{grad}^{-1}$  praktisch zwischen 20 und  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  temperaturunabhängig.

K. Potthoff

DK 658.013 (023.4)

**Arbeitspsychologie.** Von Prof. Dr. Wilhelm Hische. Mit 212 S., 1 B., Format 16×23 cm. Verlag Weidemanns Buchhandlung, Hannover 1950. Preis Glw. DM 14,80.

Das Bestreben des Buches geht dahin, „ein Bestverhältnis zwischen Mensch und Arbeit schaffen zu helfen“ (Vorwort). Eine Analyse der anlagebedingten Gegebenheiten im Menschen gegenüber der Arbeit einerseits, eine Untersuchung der Arbeit und des Arbeitsprozesses in bezug auf den Menschen andererseits sollen Wege weisen zur Erreichung dieses Zieles.

Um die Anpassungsfähigkeit des Menschen gegenüber der Arbeit festzustellen, wurden Untersuchungen mit 1000 „Stellenanwärtern“ — mit einer „tausendköpfigen Populationsgruppe“, wie Hische sagt (S. 28 ff.) —, die in zehn Hundertergruppen aufgeteilt wurden, durchgeführt. Leider fehlen alle Angaben über Art und genaue Durchführung dieser Versuche. Ausführlich wird angegeben, welche Kombination verschiedener „Beanlagungen“ unter sich einen Menschen für den einen oder anderen Beruf bzw. für gewisse Berufsgruppen — für die Gruppe der „technisch gerichteten“ Berufe, für die der „kaufmännischen und Kontor-Berufe“ sowie für „die Arbeit in einem Spezialbetrieb“ — besonders geeignet erscheinen lassen. Es werden tabellarische Aufstellungen gegeben mit genauen zahlenmäßigen Angaben.

Ein zweiter Hauptteil des Buches geht von der Arbeit aus und versucht zu zeigen, welche günstigen oder ungünstigen Voraussetzungen etwa der Arbeitsraum als solcher, seine Anlage, sein „psychisches Klima“ u. a. m. für den arbeitenden Menschen bieten, wieweit geteilte oder ungeteilte Arbeit vorzuziehen sei, welche Vor- oder Nachteile die Arbeit am laufenden Band habe usw.

Für den dritten Hauptteil bleibt, was Hische den „nicht anpassungsfähigen Rest“ im Menschen nennt, und worunter er einerseits „soziale und Umweltfaktoren“ (also im wesentlichen das Rang- und Leistungsmoment des Berufes) versteht, andererseits „Faktoren, die im Menschen selbst liegen“ (er nennt: „Gewöhnung“, „Willens- oder Energieschwäche“ und den „Bereich des Charakters im engeren Sinne des Wortes“) und endlich die sog. „zwischenmenschlichen Faktoren“, worunter nach Hische „psychologisch-dynamische Prozesse“ „innerhalb menschlicher Mehrzahlgebilde“ zu verstehen seien.

Es spricht eine reiche Erfahrung und vielfältige Beobachtung aus dieser Arbeit. Was jedoch dem Buche fehlt, ist die „adäquate“ Würdigung jenes im Gegenüber Mensch und Arbeit „nicht anpassungsfähigen Restes“. Von daher würde dann freilich auch Wesentliches der vorausgegangenen Ausführungen gar nicht so überaus glatt und rechnerisch aufgehen

können. Es ist eine Frage, ob nicht das Verhältnis Mensch und Arbeit grundsätzlich über das Rechnerische hinaus noch unter solchen Gesichtspunkten betrachtet werden müsse, daß nichts an Qualität der Leistung und des Einsatzes auch und gerade im „Mehrzahlgebilde“ verloren gehe, daß trotzdem aber die Eigengestalt und Eigengeprägtheit der Person dennoch gewahrt bleibe.

M. D o r e r

DK 031 (43)

**Der kleine Brockhaus.** Bd. I und II. Mit je 700 S., zahlr. B. u. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Eberhard Brockhaus, Wiesbaden 1950. Preis je Band 33,— DM.

Ein „Konversations-Lexikon“ zu besitzen, war in früheren, wohlhabenderen Zeiten fast eine Selbstverständlichkeit; es war ein Stück der Allgemeinbildung, das auch ein wenig dazu beitrug, daß der Fachmann nicht etwa nur Elektrotechniker, sondern auch Mensch war. Heute haben es die Lexikon-Verlage ungleich schwerer als ihre Vorgänger, weil das politische und wirtschaftliche Leben ebenso in Fluß ist wie die Entwicklung der Naturwissenschaften.

Nicht besser geht es dem Leser. Die meisten haben ihre geliebten Bücher verloren und nur wenige sind wirtschaftlich imstande, sich ein ausgewachsenes Lexikon von 10 oder 15 Bänden wieder anzuschaffen. Viele wollen es auch gar nicht, weil sie befürchten müssen, daß es in einigen Jahren überholt ist.

Aus diesen Gründen ist der kleine Brockhaus besonders zu begrüßen. In zwei handlichen Bänden, auf 1400 Seiten bringt er kurz, knapp aber ausreichend, allgemeinverständlich das wesentliche Wissen unserer Zeit. Schlägt man die Bücher auf, gefallen einem sofort das gute, holzfreie Papier, der saubere Druck, die vielen einfarbigen und bunten Bilder, Tafeln und Karten. Die sehr kleinen Typen zu lesen wird für manches Auge anstrengend sein, sie sind aber hier vertretbar, weil man ein Lexikon nicht wie ein Buch stundenlang liest und weil es nur auf diese Weise möglich war, den großen Inhalt in zwei Bände zu pressen. In jahrelanger Arbeit sind alle Unterlagen vom Verlage nach dem neuesten Stand bearbeitet worden. Das Werk kann als ein Spiegel des heutigen Lebens angesehen werden; ihm sei die ihm gebührende große Verbreitung gewünscht. H. H a n s e n

DK 378.962 (061.7) Karlsruhe

**Die Technische Hochschule Fridericiana Karlsruhe.** Festschrift zur 125-Jahrfeier 1950. Mit 296 S., zahlr. B., Format DIN A 4. Im Selbstverlag der T. H. Karlsruhe. Preis Glw. 15,— DM.

Am 7. Oktober 1825 wurde die T. H. Karlsruhe aus mehreren Fachschulen als „Polytechnische Schule“ (nach dem Vorbild der 50 Jahre älteren Ecole Polytechnique in Paris) gegründet, als Pflegestätte eines auf wissenschaftlicher Grundlage heranzubildenden technischen Nachwuchses, deren Schwerpunkt sich indessen immer mehr auch auf die Forschungsarbeit verlagerte. Diese Tendenz aller Technischen Hochschulen war, wie Prof. Dr.-Ing. T e r r e s als derzeitiger Rektor und Hauptherausgeber der Festschrift einleitend hervorhebt, der T. H. Karlsruhe besonders eigen, sie ist in der Festschrift entsprechend herausgearbeitet: in 17 biographischen Kapiteln und in Einzeldarstellungen der Fakultäten und Abteilungen wird die Verflochtenheit des Schicksals der Hochschule mit dem Leben und Wirken einzelner gezeigt. Bemerkenswert, daß jede Fachrichtung Namen von allererstem Rang aufweisen kann, die noch in die Gegenwart hineinwirken.

Die Bedeutung der T. H. Karlsruhe für die Elektrotechnik scheint spät in Erscheinung zu treten. Erst 1894 wurde mit der Berufung A r n o l d s eine Elektrotechnische Abteilung mit eigenem Institut gegründet, also 12 Jahre nach dem Beginn der Wirksamkeit Kittlers in Darmstadt. Indessen hatte schon der Physiker B r a u n 1883 ein Elektrotechnisches Laboratorium gegründet — aus dem das Institut hervorgehen sollte —, und 1884 bis 88 führte hier Heinrich H e r t z seine berühmten Arbeiten durch, mit denen die Existenz elektromagnetischer Wellen, die Richtigkeit der Maxwell'schen Theorie, die elektromagnetische Natur des Lichtes erwiesen und die Grundlagen für die moderne Hochfrequenztechnik gelegt waren. Sein Nachfolger als Experimentalphysiker war bezeichnenderweise der Dresdner Ordinarius der Elektrotechnik O t t o L e h m a n n, und es ist ebenso bezeichnend, daß die Experimentalphysik auch noch unter Lehmanns her-

vorragendem Nachfolger G a e d e (seine Arbeiten auf dem Gebiet der Hochvakuumtechnik sind auch für die Elektrotechnik bahnbrechend geworden) zunächst zur Elektrotechnischen Abteilung gehörte.

Dieser knappe Überblick gibt einen kleinen Begriff von der Reichhaltigkeit der Festschrift, die weit über den Kreis der „Karlsruher“ hinaus Interesse verdient.

H. F. M u e l l e r

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Praktische Einführung in die Nomographie.** Von Dipl.-Math. Roland Schröder. Mit 187 S., 122 B., 46 Taf., Format 16×24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis kart. 16,— DM.

**Arbeitsgestaltung (Das Refa-Buch, Bd. 1).** Hrsrg. Arbeitsgemeinschaft der Verbände für Arbeitsstudien — Refa —. Mit 152 S., 170 B., Format 17×24,5 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis Hlw. 13,80 DM.

**Das Elektrostahlverfahren.** Ofenbau, Elektrotechnik, Metallurgie und Wirtschaftliches. Nach F. T. S i s c o von Dr.-Ing. Heinz S i e g e l. 2. verb. Aufl. Mit 432 S., 138 B., zahlr. Taf., Format 16×24 cm. Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 31,50 DM.

**Gießertechnik. Bd. I: Eisengießerei.** Von Dr.-Ing. habil. Hans Jungbluth. Bd. 1159 d. Sammlg. Göschen. Mit 126 S., 44 B., Format 19×24 cm. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis geb. 2,40 DM.

**Dechema-Informationstagung 1951.** Hrsrg. i. A. d. Dechema von H. B r e t s c h n e i d e r. Mit 230 S., Format DIN A 5. Preis kart. 10,— DM.

**Numerische Behandlung von Differentialgleichungen.** Von Dr. Lohr Collatz. (Bd. LX von: Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften.) Mit 458 S., 110 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 45,— DM. Glw. 48,— DM.

**Brennhärten.** Von Dr.-Ing. H. W. Grönegreb. 2. verb. Aufl. (H. 89 d. Werkstattbücher.) Mit 66 S., 73 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis geb. 3,60 DM.

**Der Weg zum Atom.** Von Dr. W. Holzappel. Mit 222 S., 25 B., 3 Taf., Format 15,5×21 cm. G. Braun, Karlsruhe 1951. Preis kart. 9,20 DM. Glw. 11,20 DM.

**Grundzüge der Berechnung und des Baues von Dampfturbinen.** Von Prof. Dr.-Ing. habil. Ernst Oehler. 4. Aufl. Mit 149 S., 134 B., Format 16×23,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis H. 7,80 DM.

**Der Werdegang eines Ingenieurs.** Von E. Rosenbergs. Mit 207 S., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. 10,— DM.

**Elektrizität.** Von Sir Lawrence Bragg. Mit 273 S., 138 B., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis kart. 12,— DM.

**Technische Tabellen und Formeln.** Von Prof. Dr.-Ing. W. Müller. 4. verb. u. erw. Aufl.; bearb. von Dr.-Ing. E. Schulze. Mit 152 S., 104 B., Format 10×15 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Sammlg. Göschen, Bd. 579. Preis kart. 2,40 DM.

**Wer baut Maschinen.** Maschinen-Einkaufsführer 1951. Hrsrg. VDM-Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten e. V. Mit 670 S., Format 16×23 cm. Hoppenstedt Wirtschaftsverlag GmbH., Essen 1951. Preis kart. 4,— DM.

**Polyphase Commutator Machines.** Von B. A d k i n s und W. J. Gibb. Mit 230 S., 125 B., Format 14×22 cm. Cambridge University Press, London 1951. Preis 21,— sh.

**Grundlagen der Atomphysik.** Von Dr. phil. H. A. B a u e r. 4. verb. u. erw. Aufl. Mit 631 S., 244 B., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis Glw. 45,— DM.

## Berichtigung

In dem Aufsatz „Gasturbinen für Kraftwerke“ in Heft 14 der ETZ ds. Js. muß die letzte Zeile des ersten Absatzes links auf Seite 334 lauten: **rosionen der Lufterhitzerrohre, z. Zt. noch eine Schwierigkeit dar.**

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. A. D r e h m a n n, Worms, Bennigsenstr. 18  
Dipl.-Ing. W. K i n d, Berlin-Haselhorst, Küsterstr. 45  
Dr. K. L a r c h é, Berlin-Lichtenrade, Roomstr. 26  
cand. electr. L. L e n n i n g e r, Duisburg, Hansastr. 53  
Dr. G. K. M. P f e s t o r f, 175, Greville St., Prahran S. 1, Melbourne (Australien)  
Dr. habil. E. S c h w a r t z, Hamburg-Langenhorn 1, Ahlfeld 44

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Firma Dr.-Ing. Hans Ritz, Hamburg 4, bei.

Abschluß des Heftes: 30. Juni 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. L a u s t e r. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Eriller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 3770. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postschloßbach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 967 43. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 1. August 1951

Heft 15

## Memorandum über elektrische und magnetische Einheiten

Von O. Löbl, Essen

DK 621.3 (003.3) : 537 : 538

**Übersicht.** Aus Anlaß des in Vorbereitung befindlichen Internationalen Einheitengesetzes werden die im Gebrauch befindlichen elektrischen Maßsysteme besprochen und ein abgeändertes Maßsystem vorgelegt, das nach Ansicht des Verfassers den Anforderungen von Physik und Technik besser gerecht wird.

### Inhalt

#### Vorbemerkungen

1. Anlaß
2. Situation
3. Beurteilung
4. Ziel der Arbeit

#### Koeffizientensysteme und Maßsysteme

1. Notwendige Unterscheidungen
2. Das Mie-Giorgische Koeffizientensystem

#### Paritätisches Koeffizientensystem

1. Grundgleichungen
2. Paritätische Maßsysteme
3. Beziehungen zu Einheiten von Giorgi, Mie und Gauß

#### Weitere Gleichungen im paritätischen Koeffizientensystem

1. Grundgleichungen in Differentialform
2. Einige abgeleitete Gleichungen

#### Zahlenbeispiele in paritätischen Einheiten

1. Magnetisierungskurve
2. Elektromagnetischer Kreis
3. Permanentmagnetischer Kreis

### I. Vorbemerkungen

#### Anlaß

Die 9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht hat am 16. Oktober 1948 beschlossen<sup>1</sup>, ein internationales System praktischer Einheiten aufzustellen und den Signatarstaaten der Meterkonvention als Grundlage für die Einheitengesetzgebung zu empfehlen. Als Diskussionsgrundlage diente ein Entwurf<sup>2</sup> der französischen Delegation.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) und die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) haben sich zu dieser Äußerung zu diesem besonders für die Technik so bedeutungsvollen Entwurf ersucht. Meine Stellungnahme zu dem elektrischen und magnetischen Teil des Entwurfs lege ich hiermit als gesondertes Memorandum vor.

#### Situation

Die praktische Handhabung der Elektrizitätsgesetze wird durch die sehr behindert, daß zu den sachlichen Schwierigkeiten noch ein rein formaler Mißstand kommt, nämlich die Verwendung verschiedener Maßsysteme. In der Elektrotechnik werden derzeit hauptsächlich zwei Maßsysteme benutzt: das Giorgische Zentimeter-Gramm-Sekunden-System und das Mie'sche Zentimeter-Volt-Ampere-Sekunden-System<sup>3</sup>. Die Physiker verwenden man vorwiegend das Gauß'sche Zentimeter-Gramm-Sekunden-System und neuerdings das

Giorgische Meter-Kilogramm-Sekunden-Ampere-System. Manche Autoren wechseln auch, wenn es ihnen zweckmäßig erscheint, das Maßsystem in ein und derselben Veröffentlichung.

Um diesem unerfreulichen Zustand auf dem Gebiete der Maßeinheiten ein Ende zu machen, ist von der Generalkonferenz für Maß und Gewicht der eingangs mitgeteilte Beschluß gefaßt worden. Für den Bereich der Elektrizität hat unter den konkurrierenden Maßsystemen das System von Giorgi die größte Aussicht. Die Annahme dieses Systems scheint allenthalben so gesichert, daß es der Schweizerische Elektrotechnische Verein in einem „Aufruf an Elektrotechniker und Physiker“ schon jetzt öffentlich empfiehlt. In diesem Aufruf<sup>4</sup> heißt es:

#### „Giorgi-System“

Die Internationale Elektrotechnische Kommission hat im Jahre 1935 das nach dem Vorschlag von Giorgi auf dem Meter, dem Kilogramm, der Sekunde und einer elektrischen Einheit aufgebaute Maßsystem angenommen. Gleichzeitig hat sie beschlossen, es zu Ehren seines Initiators als Giorgi-System zu bezeichnen.

Unser Fachkollegium hat das neue Maßsystem eingehend studiert. Es beantragt uns, die Annahme des Giorgi-Systems allgemein zu befürworten. In der Tat bietet das neue Maßsystem für die Rechnungen der Praxis so viele Vorteile, daß wir der Fachwelt empfehlen, es zu übernehmen. Wenn wir dies tun, so wollen wir damit nicht die Zahl der im Gebrauch stehenden Maßsysteme lediglich um eines erhöhen, sondern wir streben eine Vereinheitlichung an, die das verwirrende Nebeneinander der Gegenwart mit der Zeit beseitigen soll. Das Giorgi-System findet auch in anderen Ländern Anklang; die Zahl seiner Anhänger nimmt rasch zu.

Wir empfehlen den Lehrern aller Stufen, dem Giorgi-System im Unterricht vor anderen Maßsystemen den Vorzug zu geben, damit die Zeit des Überganges nach Möglichkeit abgekürzt werde. Unserer nachfolgenden Generation wird auf diese Weise ein großer Dienst erwiesen.“

Dieses Maßsystem wird jedoch von namhaften Physikern abgelehnt. Hören wir beispielsweise die Gründe, mit denen sich R. Becker<sup>5</sup> für das Gauß'sche System einsetzt.

„In der Wahl der Maßeinheiten habe ich mich vollständig an die letzte Auflage des Abraham gehalten. Es wird durchweg das Gauß'sche Maßsystem benutzt, in welchem die Energiedichte im Vakuum gleich

$$\frac{1}{8\pi} (\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2) \frac{erg}{cm^3}$$

ist und welches die Dielektrizitätskonstante und die Permeabilität des Vakuums gleich 1 setzt. Es scheint heute unmöglich zu sein, in der Wahl des Maßsystems den Ansprüchen des Elektrotechnikers und des Physikers gleichzeitig gerecht zu werden“. Denn die „elektrotechnische“ und die „physikalische“ Auffassung der Maxwell'schen Theorie ist nicht nur in der Bezeichnung, sondern auch in der Sache verschieden. Dabei schließt sich die technische Auffassung viel enger an die ursprüngliche Gestalt der Maxwell-Faradayschen Theorie an als die heutige Physik. Die Elektrotechnik sieht (auch im Vakuum) die Vektoren  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  als wesensverschiedene Größen an, welche in einem ähnlichen Verhältnis zueinander stehen wie Zug und Dehnung in der Elastizitätslehre. Von diesem Standpunkte aus muß es natürlich bedenklich erscheinen, wenn in einer Darstellung der Grundlagen der Proportionalitätsfaktor  $\epsilon$  in der Relation  $\mathcal{D} = \epsilon \mathcal{E}$  für den leeren Raum gleich 1 gesetzt und dadurch künstlich den Größen  $\mathcal{D}$  und  $\mathcal{E}$  die gleiche Dimension erteilt wird. Demgegenüber hat die heutige Physik die mit der mechanischen Äthertheorie eng verbundene prinzipielle Unterscheidung zwischen  $\mathcal{D}$  und  $\mathcal{E}$  vollkommen fallengelassen. Für sie ist der elektromagnetische Zustand an einer Stelle

Comptes Rendus des Séances de la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures, Paris 1949, S. 64.

ebenda. Paris 1950, S. 104 ff.

G. Mie: Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. 1. Aufl. 3. Aufl. 1948.

<sup>4</sup> Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins 40 (1949) S. 461.

<sup>5</sup> R. Becker: Theorie der Elektrizität. 14. Aufl., 1949, Vorwort.

<sup>6</sup> vom Verfasser dieses Memorandums gesperrt.

des Vakuums vollständig beschrieben durch die Angabe eines elektrischen Vektors  $\mathcal{E}$  und eines magnetischen Vektors  $\mathcal{H}$  (oder  $\mathcal{H}$ ). Die im Gaußschen Maßsystem vorhandene numerische Übereinstimmung zwischen  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  (im Vakuum) ist für den Physiker nicht das Ergebnis einer willkürlichen Festsetzung, sondern der Ausdruck für die wirkliche Identität beider Größen. Ihm erscheint im Gegenteil die Einführung einer von einer verschiedenen Dielektrizitätskonstante und Permeabilität im Vakuum als ein rechnerischer Kunstgriff des Elektrotechnikers, mit dessen Hilfe dieser die Formeln in eine für seine praktischen Zwecke bequeme Gestalt bringt.\*

Ähnlich äußert sich G. J o o s<sup>†</sup>:

„Mit Rücksicht auf die zunehmende Verbreitung des Giorgischen Maßsystems (m, kg, sec, A, V) habe ich die Formeln der Makroelektrodynamik auch in diesem Maßsystem geschrieben. In der Atomphysik besteht indes kein Bedürfnis zu einer so einschneidenden Änderung aller Zahlenbeziehungen. Wozu ich mich aber nicht bekehren konnte, ist das mit dem Giorgischen System meist verknüpfte Begriffs-System, in welchem auch im Vakuum neben dem elektrischen Feld eine elektrische Verschiebung eingeführt wird, je nachdem man die Kraft- oder Influenzwirkung betrachtet. Mit der Einführung zweier verschiedener Worte für dasselbe Ding kann ich mich nicht befreunden, denn ob man die Entfernung in m oder Lichtjahren mißt, man spricht trotzdem immer von „Entfernung“.“

Auf diese Einwände legen beide Autoren offenbar großen Wert, da sie sie an auffälliger Stelle — im Vorwort — vorbringen. Sie sind tatsächlich von grundsätzlicher Bedeutung und sollen daher zunächst besprochen werden.

### 3. Beurteilung

Betrachten wir also erst die Verhältnisse im leeren Raum, und greifen wir das elektrische Feld heraus. Dieses ist im Giorgischen System doppelt gekennzeichnet, sowohl durch die elektrische Feldstärke  $\mathcal{E}$  als auch durch die elektrische Verschiebung  $\mathcal{D}$ , also durch zwei Größen, die zwar zahlenmäßig und dimensionell verschieden sind, sich jedoch nur durch einen Proportionalitätsfaktor unterscheiden, nämlich die Vakuum-Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_0$ . Zwei Größen aber, die stets und ständig einander proportional sind, beschreiben ein und denselben Zustand. Zur Behandlung des elektrischen Feldes im leeren Raum genügt daher ein Feldvektor, z. B.  $\mathcal{E}$ ; der andere,  $\mathcal{D}$ , ist Ballast.

Im Dielektrikum hingegen benötigt man zur Kennzeichnung des elektrischen Feldes tatsächlich zwei Feldvektoren,  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$ . Bei R. B e c k e r sind nun  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  wesensgleich, d. h. ihr Unterschied ist auf bestimmte zusätzliche Einflüsse, z. B. auf verborgene Ladungen, zurückzuführen. Dadurch vergrößert sich  $\mathcal{E}$  um  $\mathcal{P}$  auf den Wert  $\mathcal{D}$ . Der Zuwachs  $\mathcal{P}$  heißt Polarisation. Es ist daher nur naturgemäß, daß man schreibt

$$\mathcal{P} = \mathcal{D} - \mathcal{E}$$

und daß  $\mathcal{E}$ ,  $\mathcal{D}$  und  $\mathcal{P}$  dieselbe Dimension haben. Nach der anderen Anschauung besteht jedoch Wesensverschiedenheit. Da erhebt sich aber sofort die Frage, ob die Polarisation  $\mathcal{P}$  eine Größe von der Art  $\mathcal{E}$  oder von  $\mathcal{D}$  oder gar von dritter Art ist. Demgemäß gibt es mindestens zwei Definitionen von  $\mathcal{P}$ :

$$\mathcal{P} = \mathcal{D} - \epsilon_0 \mathcal{E} \quad \text{und} \quad \mathcal{P} = \frac{\mathcal{D}}{\epsilon_0} - \mathcal{E}.$$

Diese Auffassung ist identisch mit der von der doppelten Natur des elektrischen Feldes im leeren Raum. Denn, indem man  $\mathcal{P} = 0$  setzt, bleiben zwei verschiedene elektrische Feldvektoren  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  mit der Beziehung  $\mathcal{D} = \epsilon_0 \mathcal{E}$  übrig.

Die Auffassung Beckers ist also nicht nur die natürlichere, sondern zugleich die einfachere. Sie folgt aber auch aus der Definition von  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$ , wenn man diese Größen als Kraft auf die Einheitsladung definiert. Sie sind dann von vorneherein Größen gleicher Art und unterscheiden sich nur dadurch, daß  $\mathcal{E}$  in einem Längskanal des Dielektrikums,  $\mathcal{D}$  hingegen in einem Querschlitz gemessen wird. Der Längskanal ist hierbei längs den Feldlinien, der Querschlitz senkrecht dazu orientiert, isotropes Dielektrikum vorausgesetzt. Im ersten Fall wird das Zusatzfeld  $\mathcal{P}$  nicht mitgemessen, hingegen im zweiten Fall.

Definiert man  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  jedoch anders, z. B.  $\mathcal{E}$  aus der Kraftwirkung und  $\mathcal{D}$  aus der Influenzwirkung, so wird die Wesensgleichheit verschleiert.

<sup>†</sup> G. J o o s: Lehrbuch der Theoretischen Physik, 6. Aufl., 1945 Vorwort.

Alles dies gilt in ganz analoger Weise für die beiden magnetischen Feldvektoren  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$ . Auch sie unterscheiden sich im Vakuum nur durch einen konstanten Proportionalitätsfaktor, die Vakuum-Permeabilität  $\mu_0$ , beschreiben also denselben magnetischen Zustand. Der eine Feldvektor ist also überflüssig. In ferromagnetischen Körpern benötigt man beide. Auch hier besteht von vorneherein Wesensgleichheit, wenn man beide Größen aus der Kraftmessung auf den magnetischen Einheitspol definiert<sup>‡</sup>: im Längskanal erhält man  $\mathcal{H}$ , im Querschlitz  $\mathcal{B}$ . Der natürliche Ansatz für  $\mathcal{I}$  ist daher

$$\mathcal{I} = \mathcal{B} - \mathcal{H}.$$

Im Giorgischen System sind  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$  aber wesensverschieden, und auch für das Zusatzfeld  $\mathcal{I}$ , die sogenannte Magnetisierung, gibt es daher mindestens zwei Definitionen:

$$\mathcal{I} = \mathcal{B} - \mu_0 \mathcal{H} \quad \text{und} \quad \mathcal{I} = \frac{\mathcal{B}}{\mu_0} - \mathcal{H},$$

ohne daß eine Entscheidung getroffen werden kann, ob  $\mathcal{I}$  eine Größe von der Art von  $\mathcal{H}$  oder von  $\mathcal{B}$  oder von einer dritten Art ist<sup>§</sup>.

Dieser grundsätzliche Mißstand im Giorgischen System, also das störende Hineinspielen von  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$  in die Grundbegriffe, wirkt sich auch praktisch recht unangenehm aus. Stets sind drei Dielektrizitätskonstanten (die absolute des Stoffes  $\epsilon_{abs}$ , die absolute des Vakuums  $\epsilon_0$  und die relative  $\epsilon = \epsilon_{abs}/\epsilon_0$ ) und ebenso drei Permeabilitäten (die absolute des Stoffes  $\mu_{abs}$ , die absolute des Vakuums  $\mu_0$  und die relative  $\mu = \mu_{abs}/\mu_0$ ) zu unterscheiden. Ist dies schon störend, so behindert die Dimensionsverschiedenheit von  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  und von  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$  auch das praktische Rechnen durch ständige Multiplizieren und Dividieren mit  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$ . Dies ist insbesondere bei den ferromagnetischen und permanent magnetischen Stoffen der Fall. Oft wird daher, um Dimensionsgleichheit zu haben, zu folgender Aushilfe gegriffen: In den Magnetisierungskurven wird die Induktion  $\mathcal{B}$  nicht über der Feldstärke  $\mathcal{H}$ , sondern über  $\mu_0 \mathcal{H}$  aufgetragen. In diesen Kunstgriff zu verdecken, erhält  $\mu_0 \mathcal{H}$  eine einfache Bezeichnung, z. B.  $\mathcal{B}_0$ , und einen besonderen Namen: Leertinduktion (engl. vacuum induction). In ähnlicher Weise kann man sich bei der Magnetisierung. Man beseitigt die doppelte Definition, indem man bei der ersten Definition  $\mathcal{I} = \mathcal{B} - \mathcal{H}$  und bei der zweiten Definition  $\mu_0 \mathcal{I} = \mathcal{B}_0 - \mathcal{H}$  setzt. Mit der schon erwähnten Abkürzung  $\mu_0 \mathcal{H} = \mathcal{B}_0$  erhält man dann beide Male

$$\mathcal{B} = \mathcal{B}_0 + \mathcal{B}_i.$$

$\mathcal{B}_i$  wird innere Induktion (engl. intrinsic induction) genannt. Auf diese künstliche Weise wird zugleich erreicht, daß alle drei Größen gleiche Dimension haben.

Dieses Vorgehen kann jedoch nicht befriedigen. Indem man alle drei Größen mit  $\mathcal{B}$  bezeichnet und Induktion nicht verwendet, verwischt man den Unterschied zwischen ihnen, also zwischen Feldstärke  $\mathcal{H}$ , Induktion  $\mathcal{B}$  und Magnetisierung  $\mathcal{I}$ . Der bessere Weg ist offenbar der, sie verschieden zu bezeichnen, sie verschieden zu benennen, aber alle drei Größen in ein und denselben Einheit zu messen.

Der geschilderte Mißstand wird die Frage der elektrischen Maßsysteme nie ganz zur Ruhe kommen lassen und manchen veranlassen, auch bei internationaler Annahme des Giorgi-Systems abseits zu bleiben.

Auf der anderen Seite können natürlich die bisherigen CGS-Systeme auch nicht befriedigen, da sie mit den praktischen Einheiten (Volt, Ampere usw.) nicht verträglich sind. Wir können also unser Urteil dahin zusammenfassen: Das Giorgi-System leidet an der Dimensionsverschiedenheit von  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  und von  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$ , die CGS-Systeme aber an den praktischen Einheiten.

<sup>‡</sup> So definiert Maxwell  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$  (Electricity and Magnetism Art. 398 bis 400); jedoch definiert er  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  (Artikel 60) nicht in dieser Weise, im Gegensatz zu unserer obigen Definition.

<sup>§</sup> Auch das magnetische Moment und die Polstärke können im Giorgischen System auf zweifache Weise definiert werden und werden von den Autoren auch verschieden definiert, was eine weitere überflüssige Verwirrung bedeutet.



Ziel der Arbeit

Aus der dargelegten unbefriedigenden Lage ergibt sich die Absicht dieser Untersuchung. Ihr Zweck ist, einen Ausweg aus diesem Dilemma zu zeigen, d. h. darzutun, daß es entgegen der eingangs zitierten Äußerung von R. Becker wohl möglich ist, ein Maßsystem aufzustellen, das die Vorzüge der verschiedenen Systeme in sich vereinigt. Im bestehenden wird also ein Maßsystem vorgeschlagen, das sowohl die praktischen Einheiten Volt, Ampere, Watt, Ohm, Henry und Farad beibehält, als auch die Dielektrizitätskonstante und die Permeabilität im leeren Raum zu erhalten macht.

Der zweite Punkt hat, um es zu wiederholen, zur Folge, daß im Vakuum nur ein elektrischer Feldvektor existiert, z. B.  $\mathcal{E}$ , und auch nur ein magnetischer Feldvektor, z. B.  $\mathcal{H}$ . In materiellen Körpern werden dann  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{D}$  unter sich ebenso wie  $\mathcal{H}$  und  $\mathcal{B}$  unter sich dimensionsgleich. Für die Verknüpfung fallen die beiden genannten Definitionen in eine einzige zusammen:  $\mathfrak{B} = \mathcal{D} - \mathcal{E}$ . Und ebenso gibt es nur eine Definition für die Magnetisierung:  $\mathfrak{I} = \mathcal{B} - \mathcal{H}$ .

Dadurch werden für das magnetische Feld gewisse Einheiten überflüssig: Gauß, Maxwell, Oersted, Gilbert und die anderen. Sie machen zwei ganz symmetrisch aufgebauten Einheiten Platz, die auch leicht zu merken sind, was man von den eben genannten Einheiten nicht behaupten kann. Das gleiche gilt für das elektrische Feld.

Das neue System ist ein rationales mit vier Grundeinheiten.

Das Ziel wird erreicht durch eine verhältnismäßig geringe Änderung in der Formulierung der Grundgleichungen der Elektrizitätslehre.

II. Koeffizientensysteme und Maßsysteme

Notwendige Unterscheidungen

Die Grundgleichungen der Mechanik werden überall in derselben Form geschrieben, z. B. Kraft = Masse mal Beschleunigung. In der Elektrizitätslehre jedoch ist die Formulierung der Grundgesetze keineswegs einheitlich.

Um die Auswirkung abweichender Formulierungen an einem Beispiel zu zeigen, seien die gebräuchlichen Formen des Durchflutungsgesetzes angeschrieben:

∮  $\mathfrak{H}$  dr = 4 π I; ∮  $\mathfrak{H}$  dr = 0,4 π I; ∮  $\mathfrak{H}$  dr = I; ∮  $\mathfrak{H}$  dr =  $\frac{4\pi}{c}$  I.

In der ersten ist  $\mathfrak{H}$  die magnetische Feldstärke, dr das Linienelement (r Ortsvektor), I die Durchflutung und c die Lichtgeschwindigkeit.

Aus diesen vier Formulierungen ergeben sich beispielsweise für einen langen gestreckten runden Leiter mit der Stromstärke I folgende vier verschiedene Ausdrücke für die magnetische Feldstärke H im Abstand a von der Achse:

H =  $\frac{2I}{a}$ ; H =  $\frac{I}{5a}$ ; H =  $\frac{I}{2\pi a}$ ; H =  $\frac{2I}{ca}$ .

Für die beiden letzten Gleichungen berechnen wir die Feldstärke bei einem Strom von 100 A und einem Abstand von 20 cm. Die dritte Gleichung ergibt

H =  $\frac{100 \text{ A}}{2\pi \cdot 20 \text{ cm}} = 0,796 \text{ A/cm}$ .

In der vierten Gleichung muß die Stromstärke in der Gauß-Einheit gerechnet werden: 1 Ampere entspricht  $10^9$  cm  $^{1/2}$  g  $^{1/2}$  s $^{-2}$ .

H =  $\frac{200 \cdot 3 \cdot 10^9 \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-2}}{3 \cdot 10^{10} \text{ cm s}^{-1} \cdot 20 \text{ cm}} = 1 \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1} = 1 \text{ Gauß}$ .

In der unterschiedlichen Formulierung des Grundgesetzes liegt somit die eine Wurzel für die Existenz verschiedener Maßsysteme.

Wir haben in unserem Beispiel beidemal dieselbe Grundeinheit für die Länge gewählt, nämlich das Zentimeter. Hätten wir das Meter genommen, so hätten wir andere Zahlenwerte erhalten:

Im der Wahl verschiedener Grundeinheiten liegt die zweite Wurzel für die verschiedenen Maßsysteme.

Die obigen vier Formulierungen des Durchflutungsgesetzes unterscheiden sich durch die Wahl der an sich willkürlichen Proportionalitätsfaktoren, nämlich 4π; 0,4π; 1 und 4π/c. Da auch die anderen Grundgesetze, z. B. das Induktionsgesetz, verschieden formuliert werden, so handelt es sich jedesmal um ein ganzes System von Koeffizienten, das die verschiedene Schreibweise der Grundgleichungen konstituiert.

Es ist daher notwendig, daß wir scharf zwischen Koeffizientensystem<sup>10</sup> und Grundeinheitensystem unterscheiden. Ersteres bestimmt die Definition der Größen und ihre Verknüpfung und somit die Dimensionsverhältnisse der zugehörigen Einheiten; letzteres verfügt über die Einheiten der Quantität nach. Aus beiden erst entsteht ein Maßsystem. Um ein spezielles Maßsystem zu kennzeichnen, ist also sowohl die Angabe des Koeffizientensystems als auch der Grundeinheiten erforderlich. So gehören beispielsweise das Maßsystem von Mie und das von Giorgi zum selben Koeffizientensystem, das von Gauß zu einem anderen Koeffizientensystem.

Die wichtigste Aufgabe ist daher, das zweckmäßigste Koeffizientensystem auszusuchen. Erst an zweiter Stelle steht die quantitative Festlegung der Grundeinheiten.

Nach diesen vorbereitenden Erklärungen wenden wir uns zunächst jenem Koeffizientensystem zu, aus dem durch Spezialisierung auf bestimmte, aber von einander abweichende Grundeinheiten die beiden Maßsysteme von Mie und von Giorgi hervorgehen. Wir nennen ihr gemeinsames Koeffizientensystem daher das Mie-Giorgische Koeffizientensystem.

2. Das Mie-Giorgische Koeffizientensystem

In diesem System lauten die Grundgleichungen der Elektrizitätslehre wie folgt:

Durchflutungsgesetz ∮  $\mathfrak{H}$  dr = I +  $\frac{dQ}{dt}$ ; Induktionsgesetz ∮  $\mathcal{E}$  dr = -  $\frac{d\Phi}{dt}$ ; Poissonsche Gleichung ∇ $^2$   $\mathcal{D}$  = Q; Quellenfreiheit der Induktion ∇  $\mathfrak{B}$  = 0; Ohmsches Gesetz  $\mathcal{E}$  = κ  $\mathfrak{E}$ ; Elektrische Materialgleichung  $\mathcal{D}$  = ε<sub>0</sub>  $\mathcal{E}$ ; Magnetische Materialgleichung  $\mathfrak{B}$  = μ<sub>0</sub>  $\mathfrak{H}$ .

In diesen Gleichungen sind  $\mathcal{E}$  und  $\mathfrak{H}$  elektrische und magnetische Feldstärke;  $\mathcal{D}$  und  $\mathfrak{B}$  elektrische Verschiebung und magnetische Induktion

ε und μ Dielektrizitätskonstante und Permeabilität<sup>11</sup>

ε<sub>0</sub> =  $\frac{10^{-11} \text{ As}}{36\pi \text{ Vcm}} = \frac{10^{-9} \text{ As}}{36\pi \text{ Vm}}$  die Vakuumdielektrizitätskonstante

μ<sub>0</sub> =  $4\pi \cdot 10^{-9} \frac{\text{Vs}}{\text{Acm}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$  die Vakuumpermeabilität

κ und κ Stromdichte und elektrische Leitfähigkeit

Q Elektrizitätsmenge (Ladung)

Φ = ∫  $\mathcal{E}$  d $\mathfrak{f}$  Durchflutung

Ψ = ∫  $\mathcal{D}$  d $\mathfrak{f}$  Verschiebungsfluß

<sup>10</sup> Die Ausdrücke: Koeffizientensystem, Schreibweise der Gleichungen, Formulierung der Gesetze bedeuten inhaltlich ein und dasselbe.

<sup>11</sup> In diesem Aufsatz sind ε und μ stets reine Zahlen, also die relativen Werte; im leeren Raum ist ε = 1 und μ = 1.

$\oint \mathfrak{H} df$  Induktionsfluß  
 $dr$  vektorielles Linienelement  
 $df$  vektorielles Flächenelement  
 $\mathfrak{H}dr, \mathfrak{E}dr, \mathfrak{D}df$  und  $\mathfrak{H}df$  sind skalare Produkte.

Dieses Koeffizientensystem ist also charakterisiert durch das Vorhandensein und die Stellung der Koeffizienten  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$ , während die Koeffizienten  $4\pi$  und  $c$  vollständig fehlen.

Aus diesem Koeffizientensystem gehen die beiden Maßsysteme von Mie und Giorgi durch Wahl folgender Grundeinheiten hervor. Drei Grundeinheiten haben beide gemeinsam: die Sekunde, das Volt und das Ampere. Sie unterscheiden sich nur in der vierten Grundeinheit, der Längeneinheit. Mie wählte das Zentimeter, Giorgi das Meter. Das Miesche Maßsystem wird daher oft das Zentimeter-Volt-Ampere-Sekunden-System, das Giorgische das Meter-Volt-Ampere-Sekunden-System genannt. Da die Masseneinheit des letzteren das Kilogramm ist, heißt es auch das Meter-Kilogramm-Sekunden-Ampere-System oder kurz das MKSA-System.

Beide Systeme führen zu den sogenannten praktischen Einheiten: Volt, Ampere, Watt, Ohm, Henry und Farad. Das ist der große Vorzug des Mie-Giorgischen Koeffizientensystems. Sein Nachteil besteht, wie oben dargelegt, in der Dimensionsverschiedenheit der beiden elektrischen Feldvektoren  $\mathfrak{E}$  und  $\mathfrak{D}$  und der beiden magnetischen Feldvektoren  $\mathfrak{H}$  und  $\mathfrak{B}$ .

Unsere Aufgabe besteht nun darin, die Gleichungen (1) so abzuändern, daß der genannte Vorzug erhalten bleibt, der Nachteil aber beseitigt wird. Da dann die Ansprüche von Physik und Elektrotechnik an ein Maßsystem gleichermaßen befriedigt werden, soll, um einen vorläufigen Namen zu haben, das neue Koeffizientensystem „paritätisch“ heißen.

### III. Paritätisches Koeffizientensystem

#### 1. Grundgleichungen

Zur Lösung der gestellten Aufgabe schreiben wir zunächst die ersten vier Gleichungen von (1) etwas anders, indem wir  $\mathfrak{D}$  und  $\mathfrak{B}$ , sowie  $\Psi$  und  $\Phi$  mit Hilfe der beiden letzten Gleichungen durch  $\mathfrak{E}$  und  $\mathfrak{H}$  ersetzen:

$$\left. \begin{aligned} \oint \mathfrak{H} dr &= \Theta + \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \epsilon \mathfrak{E} df \\ \oint \mathfrak{E} dr &= -\mu_0 \frac{d}{dt} \int \mu \mathfrak{H} df \\ \epsilon_0 \oint \epsilon \mathfrak{E} df &= Q \\ \oint \mu \mathfrak{H} df &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

Nunmehr fassen wir  $\epsilon \mathfrak{E}$  zu einem neuen Vektor  $\mathfrak{D}$  und ebenso  $\mu \mathfrak{H}$  zu einem neuen Vektor  $\mathfrak{B}$  zusammen. Diese unterscheiden sich also von den in Gl. (1) benutzten Vektoren  $\mathfrak{D}$  und  $\mathfrak{B}$  durch die Abspaltung von  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$ ; sie haben daher sowohl andere Zahlenwerte als auch andere Dimensionen. Sie müßten von jenen genau genommen irgendwie, etwa durch einen Strich, unterschieden werden. Da die alten Vektoren in den nachstehenden Gleichungen aber nicht weiter vorkommen, ersparen wir uns dies.

Es wird also

$$\mathfrak{D} = \epsilon \mathfrak{E} \quad \text{und} \quad \mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$$

und im Vakuum ( $\epsilon = 1, \mu = 1$ ) sind nunmehr  $\mathfrak{E}$  und  $\mathfrak{D}$  einerseits sowie  $\mathfrak{H}$  und  $\mathfrak{B}$  andererseits identisch.

Mit Hilfe dieser beiden neuen Feldvektoren  $\mathfrak{D}$  und  $\mathfrak{B}$  schreiben wir in den vorstehenden Gleichungen (2) die Flächenintegrale wie folgt

$$\int \epsilon \mathfrak{E} df = \int \mathfrak{D} df = \Psi$$

und

$$\int \mu \mathfrak{H} df = \int \mathfrak{B} df = \Phi$$

worin  $\Psi$  und  $\Phi$  entsprechende neue Vektorflüsse sind. Weiter wollen wir  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$  neu bezeichnen und neu benennen. Sie sollen durch  $c_e$  und  $c_m$  ersetzt werden und hinfort nicht

mehr Vakuumdielektrizitätskonstante und Vakuumpermeabilität heißen, sondern elektrische und magnetische konstante, welche Namen ohnehin schon mehrfach für gebraucht wurden. An ihrem Wert ändert sich dadurch natürlich nichts.

Wir erhalten so ein neues Gleichungssystem

$$\oint \mathfrak{H} dr = \Theta + c_e \frac{d\Psi}{dt}$$

$$\oint \mathfrak{E} dr = -c_m \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\oint \mathfrak{D} df = \frac{Q}{c_e}$$

$$\oint \mathfrak{B} df = 0$$

$$\mathfrak{D} = \kappa \mathfrak{E}$$

$$\mathfrak{B} = \epsilon \mathfrak{H}$$

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H}$$

Wir haben hier ein neues Koeffizientensystem uns. Die Koeffizienten sind zwar die gleichen wie im Mie-Giorgi, aber sie stehen an anderer Stelle: sie sind in den beiden letzten Gleichungen verschwunden und in den drei ersten Gleichungen aufgetaucht. Hier mag besonders auffallen, daß im Induktionsgesetz auf der rechten Seite Faktor  $c_m$  steht.

Durch diese Verschiebung haben sich gegenüber Koeffizientensystem von Mie-Giorgi folgende Constanten nicht verändert:

$$Q, \mathfrak{E}, \mathfrak{E}, \mathfrak{H}$$

und mit ihnen sind also auch die Einheiten für Strom, Widerstand und Leistung die gleichen geblieben gegen haben die Größen

$$\mathfrak{D}, \mathfrak{B}, \Psi, \Phi$$

sowohl andere Zahlenwerte als auch andere Dimensionen erhalten, und zwar sind, wie aus den beiden letzten Gleichungen von (3) ersichtlich ist,  $\mathfrak{E}$  und  $\mathfrak{D}$  dimensionsgleich worden, und ebenso  $\mathfrak{H}$  und  $\mathfrak{B}$ , da  $\epsilon$  und  $\mu$  nach wie vor Zahlen sind (im leeren Raum  $\epsilon = 1$  und  $\mu = 1$ ).

Damit ist das gesteckte zweifache Ziel erreicht: die praktischen Einheiten (Volt, Ampere, Ohm, Henry und Farad) gehen — bei gleicher Wahl Grundeinheiten wie bei Mie und Giorgi — unverändert das neue System über, während sich  $\mathfrak{D}$  und  $\mathfrak{B}$  gerade gewünschten Sinne wandeln.

Die neue Formulierung ist der dritte Schritt in der historischen Entwicklung der praktischen Maßsysteme seit der Aufstellung der praktischen Einheiten. Der erste Schritt bestand in der Realisierung der Gleichungen, d. h. in der Verschiebung des Faktors  $4\pi$  an seine natürliche Stelle. Der zweite Schritt die Einführung einer vierten Grundeinheit. Der nunmehr dritte Schritt gibt jetzt auch den beiden Feldkonstanten die natürliche Stellung in den Gleichungen.

#### 2. Paritätische Maßsysteme

Für unser paritätisches Koeffizientensystem wollen wir mehrere und zwar drei Maßsysteme aufstellen, die eine sichere Unterscheidung von anderen Maßsystemen — nötig — ebenfalls mit dem Zusatz „paritätisch“ versehen werden. Wie U. Stille<sup>12</sup> gezeigt hat, kann man die Zahl der Grundgleichungen und der Zahl der unabhängigen Größen die Anzahl der erforderlichen Grundeinheiten berechnen. In unserem Falle der Gleichungen (3) beträgt die Zahl der Grundgleichungen und der Zahl der unabhängigen Größen die Anzahl der erforderlichen Grundeinheiten vier. Hierzu wählen wir herkömmlicherweise je eine Einheit der Länge, Masse (oder Leistung) und Stromstärke (oder Elektrizitätsmenge). Als vierte Grundeinheit entscheiden wir uns aus reinen Zweckmäßigkeitsgründen für die Einheit der Elektrizitätsmenge.

<sup>12</sup> U. Stille: Drei-, Vier- und Fünf-Grund-Größen-Systeme der Elektrodynamik. Abh. Wiss. Ges. Braunschweig Band 1, Heft 1, S. 56—75.

itsgründen in allen drei paritätischen Maßsystemen das Ampere.

In Tafel 1 sind zunächst die Grundeinheiten der drei paritätischen Maßsysteme zusammengestellt:

Tafel 1

	Paritätisches MKSA-System	Paritätisches CWSA-System	Paritätisches CGSA-System
ge	Meter	Zentimeter	Zentimeter
se	Kilogramm	—	Gramm
ung	—	Watt	—
	Sekunde	Sekunde	Sekunde
stärke	Ampere	Ampere	Ampere

Grundeinheiten des ersten Maßsystems sind dieselben wie bei Giorgi; die des zweiten Maßsystems dieselben wie bei Mie; drei Grundeinheiten des dritten Maßsystems sind dieselben wie beim Gaußschen und den anderen CGS-Systemen. Es unterscheidet sich von diesen (außer in der Fortführung der Grundgleichungen) in der Zahl der Grundeinheiten.

Wir hätten für die beiden ersten Maßsysteme unter teilweiser Änderung ihres Namens genau so gut folgende Grundeinheiten wählen können:

paritätisches mVAs-System: Meter, Volt, Ampere, Sekunde

paritätisches cmVAs-System: Zentimeter, Volt, Ampere, Sekunde

An zweiter Stelle seien in Tafel 2 weitere mechanische und einige elektrische und magnetische Einheiten unter teilweiser Wiederholung aufgeführt:

Tafel 2

	Paritätisches MKSA-System	Paritätisches CWSA-System	Paritätisches CGSA-System
e	Kilogramm	10 <sup>7</sup> Gramm	Gramm
ie	Newton	Joule/cm	dyn = 10 <sup>-7</sup> J/cm
ng	Joule	Joule	erg = 10 <sup>-7</sup> J
ung	Watt	Watt	erg/s = 10 <sup>-7</sup> W
stärke	Ampere	Ampere	Ampere
ng	Coulomb	Coulomb	Coulomb
nung	Volt	Volt	10 <sup>-7</sup> Volt
erstand	Ohm	Ohm	10 <sup>-7</sup> Ohm
Widerstand	Ohm x m	Ohm x cm	10 <sup>-7</sup> Ohm-cm
azität	Farad	Farad	10 <sup>+7</sup> Farad
ktivität	Henry	Henry	10 <sup>-7</sup> Henry

in ist in bekannter Weise:

1 Newton = 1 Joule/Meter = 10<sup>5</sup> dyn;

1 Coulomb = 1 Ampere-Sekunde;

1 Farad = 1 Sekunde/Ohm;

1 Henry = 1 Ohm-Sekunde.

Einheiten der ersten Spalte stimmen noch vollständig mit den Einheiten von Giorgi, die der zweiten Spalte noch vollständig mit denen von Mie überein. Die dritte Spalte stimmt aber in der zweiten Hälfte von den Gaußschen CGS-Einheiten schon gänzlich ab. Die Einheiten der zweiten und dritten Spalte unterscheiden sich übrigens entweder gar nicht oder einheitlich durch die Zehnerpotenzen 10<sup>-7</sup> oder 10<sup>+7</sup>. Dies war einer der Gründe, auch für das paritätische mVAs-System als vierte Grundeinheit das Ampere zu wählen.

Wir wenden uns nunmehr den Einheiten der elektrischen und der magnetischen Feldstärken und Vektorflüsse zu, die ja der Anlaß für die Schaffung des neuen Koeffizientensystems waren. Diese sind in Tafel 3 zusammengestellt:

Tafel 3

	Paritätisches MKSA-System	Paritätisches CWSA-System	Paritätisches CGSA-System
$\mathcal{E}, \mathcal{D}, \mathcal{P}$	V/m	V/cm	10 <sup>-7</sup> V/cm
$\mathcal{H}, \mathcal{B}, \mathcal{J}$	A/m	A/cm	A/cm
Verschiebungsfluß $\Psi$	Vm	Vcm	10 <sup>-7</sup> Vcm
Induktionsfluß $\Phi$	Am	Acm	Acm

Hierin ist die Polarisation durch  $\mathcal{P} = \mathcal{D} - \mathcal{E}$  und die Magnetisierung durch  $\mathcal{J} = \mathcal{B} - \mathcal{H}$  definiert.  $\mathcal{E}, \mathcal{D}$  und  $\mathcal{P}$  haben die gleiche Dimension. Mißt man  $\mathcal{E}$  beispielsweise in V/cm, so folgen auch  $\mathcal{D}$  und  $\mathcal{P}$  in V/cm. Analoges gilt für  $\mathcal{H}, \mathcal{B}$  und  $\mathcal{J}$ .

Die Vereinfachung gegenüber den Systemen von Mie und Giorgi springt in die Augen. Bei Mie beispielsweise ist die Einheit von  $\mathcal{H}$  A/cm, von  $\mathcal{B}$  Vs/cm<sup>2</sup> und von  $\mathcal{J}$  je nach Definition A/cm oder Vs/cm<sup>2</sup>. In unserem CWSA-System dagegen haben alle drei Größen die Einheit A/cm. Induktionsfluß als Produkt von Induktion und Fläche hat die Einheit Acm. Das so schwer zu behaltende Gewirr der Einheiten Weber, Oersted, Gauß, Maxwell und Gilbert ist in erfreulicher Weise verschwunden.

Es könnte als Schönheitsfehler angesehen werden, daß die paritätischen CGSA-Einheiten mit Zehnerpotenzen belastet sind. Man kann diese beseitigen, indem man von der Beziehung

$$1 \text{ Volt} = 10^7 \text{ erg/Coulomb}$$

Gebrauch macht. Dann ändern sich die angeführten paritätischen CGSA-Einheiten wie folgt:

Spannung:	10 <sup>-7</sup> Volt	in	erg/Cb
Widerstand:	10 <sup>-7</sup> Ohm	in	erg/A <sup>2</sup> s
spez. Widerstand:	10 <sup>-7</sup> Ohm cm	in	ergcm/A <sup>2</sup> s
Kapazität:	10 <sup>+7</sup> Farad	in	A <sup>2</sup> s <sup>2</sup> /erg
Induktivität:	10 <sup>-7</sup> Henry	in	erg/A <sup>2</sup>
$\mathcal{E}, \mathcal{D}$ und $\mathcal{P}$ :	10 <sup>-7</sup> Volt/cm	in	erg/cmCb
Verschiebungsfluß $\Psi$ :	10 <sup>-7</sup> Volt cm	in	ergcm/Cb

### 3. Beziehungen zu Einheiten von Giorgi, Mie und Gauß

Wir stellen in Tafel 4 die Beziehungen zwischen einigen Einheiten folgender Maßsysteme zusammen:

zwischen Giorgischem und paritätischem MKSA-System  
zwischen Mieschem und paritätischem CWSA-System  
zwischen Gaußschem CGS- und paritätischem CWSA-System.

Tafel 4

Zeile	Größe	Giorgische MKSA-Einheit	entspricht in paritätischen MKSA-Einheiten dem Wert
1	$\mathcal{E}$	1 V/m	1 V/m
2	$\mathcal{D}$	1 Cb/m <sup>2</sup>	36 $\pi \cdot 10^9$ V/m
3	$\Psi$	1 Cb	36 $\pi \cdot 10^9$ Vm
4	$\mathcal{H}$	1 A/m	1 A/m
5	$\mathcal{B}$	1 Vs/m <sup>2</sup>	$\frac{10^7}{4\pi}$ A/m
6	$\Phi$	1 Vs	$\frac{10^7}{4\pi}$ Am

Zeile	Größe	Miesche CWSA-Einheit	entspricht in paritätischen CWSA-Einheiten dem Wert
7	$\mathcal{E}$	1 V/cm	1 V/cm
8	$\mathcal{D}$	1 Cb/cm <sup>2</sup>	36 $\pi \cdot 10^{11}$ V/cm
9	$\Psi$	1 Cb	36 $\pi \cdot 10^{11}$ Vcm
10	$\mathcal{H}$	1 A/cm	1 A/cm
11	$\mathcal{B}$	1 Vs/cm <sup>2</sup>	$\frac{10^9}{4\pi}$ A/cm
12	$\Phi$	1 Vs	$\frac{10^9}{4\pi}$ Acm

Zeile	Größe	Gaußsche CGS-Einheit	entspricht in paritätischen CWSA-Einheiten dem Wert
13	$\mathcal{E}, \mathcal{D}$	$1 \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1}$	300 V/cm
14	$\mathcal{H}$	$1 \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1}$	300 Vcm
15	$\mathcal{H}, \mathcal{B}$	$1 \text{ cm}^{-1/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1}$ (= 1 Gauß)	$\frac{10}{4\pi}$ A/cm
16	$\Phi$	$1 \text{ cm}^{3/2} \text{ g}^{1/2} \text{ s}^{-1}$ (= 1 Maxwell)	$\frac{10}{4\pi}$ Acm

Es ist  $10/4\pi = 0,796 \approx 0,8$  und  $36\pi = 113,1 \approx 113$ .

Wie die Tafel 4 zu verstehen ist, soll an der Zeile 12 erläutert werden. Wenn in einer Mieschen Gleichung  $\Phi = 1 \text{ Vs}$  ist, so muß in einer paritätischen Gleichung das dort auftretende  $\Phi = 10^9/4\pi \text{ Acm}$  gesetzt werden. Die beiden  $\Phi$  sind also verschieden (das zweite  $\Phi$  ist durch Abspaltung von  $\mu_0$  aus dem ersten hervorgegangen), und es ist daher nicht erlaubt, sie gleichzusetzen und zu schreiben

$$1 \text{ Vs} = \frac{10^9}{4\pi} \text{ Acm.}$$

Das würde auch zu dem Irrtum Anlaß geben, daß zwischen Volt und Ampere diese Beziehung besteht. Aus diesem Grunde heißt es im Kopf der Tafel 4 „entspricht“ und nicht „gleich“<sup>13</sup>.

Obwohl die beiden obigen  $\Phi$  verschieden sind, beschreiben sie doch denselben physikalischen Zustand. Nehmen die beiden  $\Phi$  beispielsweise innerhalb 1 Sekunde gleichförmig bis auf Null ab, so entsteht beidemal eine induzierte Spannung von 1 Volt. (Das Induktionsgesetz ist nämlich in beiden Fällen verschieden formuliert, einmal ohne, einmal mit dem Faktor  $c_m$ .)

#### IV. Weitere Gleichungen im paritätischen Koeffizientensystem

##### 1. Grundgleichungen in Differentialform

Die ersten vier Grundgleichungen von (3) lauten in Differentialform ( $\rho$  Ladungsdichte)

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \mathcal{H} &= \mathcal{G} + c_e \frac{\partial \mathcal{D}}{\partial t} \\ \text{rot } \mathcal{E} &= -c_m \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial t} \\ \text{div } \mathcal{D} &= \frac{\rho}{c_e} \\ \text{div } \mathcal{B} &= 0 \end{aligned} \right\} (4)$$

Die drei letzten Gleichungen von (3) bleiben unverändert.

Im Sonderfall des strömungsfreien leeren Raumes ( $\mathcal{G} = 0, \epsilon = 1, \mu = 1$ ) ist

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \mathcal{H} &= c_e \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t} \\ \text{rot } \mathcal{E} &= -c_m \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial t} \end{aligned} \right\} (5)$$

Die räumlichen und zeitlichen Ableitungen sind hier also genau wie im Mieschen und Giorgischen System durch die Konstanten  $c_e$  und  $c_m$  verknüpft, während im Gaußschen System beide Male der Kehrwert von  $c$  auftritt. In bekannter Weise folgt aus den beiden Gleichungen (5) die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit

$$c = \frac{1}{\sqrt{c_e c_m}} = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/s} \quad (6)$$

und der Vakuum-Wellenwiderstand

$$k = \sqrt{\frac{c_m}{c_e}} = 377 \Omega. \quad (7)$$

<sup>13</sup> Jedoch handelt es sich in den Zeilen 1, 4, 7 und 10 um Gleichheit.

Mit diesen weiteren „Vakuumkonstanten“  $c$  und  $k$  kann man den Feldgleichungen eine zweite paritätische Form geben, die wir hier nur in Differentialform hinschreiben wollen. Aus den Gl. (6) und (7) folgt

$$c_e = \frac{1}{kc} \quad \text{und} \quad c_m = \frac{k}{c}.$$

Eingesetzt in die Gleichungen (4) gibt das

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \mathcal{H} &= \mathcal{G} + \frac{1}{kc} \frac{\partial \mathcal{D}}{\partial t} \\ \text{rot } \mathcal{E} &= -\frac{k}{c} \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial t} \\ \text{div } \mathcal{D} &= kc\rho \\ \text{div } \mathcal{B} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

wozu wiederum die drei letzten Gleichungen von (3) treten.

Da diese Form vorwiegend für die Physik in Frage kommen dürfte, ist ein Vergleich mit dem Gaußschen Gleichungssystem angebracht:  $c$  ist zum Teil an eine andere Stelle gerückt, und zwar von der Stromdichte im Durchflutgesetz zur Ladungsdichte. Weiter ist  $4\pi$  fortgefallen und Vakuumkonstante  $k$  hinzugekommen. Mit diesen verhältnismäßig geringfügigen Änderungen wird der Übergang zu praktischen Einheiten ermöglicht.

##### 2. Einige abgeleitete Gleichungen

Infolge der veränderten Grundgleichungen bekommt auch einige abgeleitete Gleichungen eine etwas andere Form als im Mie-Giorgi-System. Die Änderung besteht im wesentlichen darin, daß die Koeffizienten  $c_e$  und  $c_m$  nicht als Faktoren von  $\epsilon$  und  $\mu$ , sondern von  $\mathcal{D}$  und  $\mathcal{B}$  bzw.  $\Psi$  und  $\Phi$  auftreten.

In der nachstehenden Zusammenstellung bringen wir zunächst jene Gleichungen, die von der Mie-Giorgi-Schreibweise abweichen, wobei wir einige Grundgleichungen wiederholen.

##### (1) Induktionsgesetz

$$\oint \mathcal{E} \, dr = -c_m w \frac{d\Phi}{dt}$$

( $w$  Windungszahl). Hierin ist der Induktionsfluß  $\int \mathcal{B} \, df$  mit  $\mathcal{B} = \mu \mathcal{H}$ , wobei die Permeabilität  $\mu$  eine reelle Zahl und für den leeren Raum gleich Eins ist. Bei dieser Gelegenheit sei an die praktisch wichtigen Beziehungen erinnert:

1 Gauß entspricht  $0,796 \text{ A/cm} \approx 0,8 \text{ Acm}$   
1 Maxwell entspricht  $0,796 \text{ Acm} \approx 0,8 \text{ Acm}$ .

##### (2) Induktivität

Schreibt man das Induktionsgesetz in der Form

$$\oint \mathcal{E} \, dr = -L \frac{dI}{dt},$$

so folgt für die Induktivität

$$L = c_m w \frac{d\Phi}{dI} \quad \text{bzw.} \quad L = c_m \frac{w \Phi}{I}.$$

##### (3) Induziertes elektrisches Feld im bewegten Leiter

$$\mathcal{E} = c_m [v \mathcal{B}].$$

##### (4) Beziehung zwischen Ladung und Verschiebungsfluß

$$Q = c_e \mathcal{V}.$$

Hierin ist der Verschiebungsfluß

$$\mathcal{V} = \int \mathcal{D} \, df$$

mit

$$\mathcal{D} = \epsilon \mathcal{E},$$

wobei die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  eine reelle Zahl für den leeren Raum gleich Eins ist.

##### (5) Beziehung zwischen Polstärke und Induktionsfluß

$$P = c_m \Phi.$$

Man beachte die analoge Form zu (4). (Die Einheit

Polstärke ist die Voltsekunde.)

- 6) Durchflutungsgesetz im strömungsfreien Raum ( $\mathcal{G} = 0$ )

$$\oint \mathfrak{H} \, dr = c_e \frac{d\mathcal{V}}{dt}$$

- 7) Dichte der elektrischen Energie

$$w_e = \frac{1}{2} c_e \mathcal{E} \mathcal{D} = \frac{1}{2} c_e \frac{\mathcal{D}^2}{\epsilon} = \frac{1}{2} c_e \epsilon \mathcal{E}^2.$$

Nur der Ausdruck ganz rechts ist identisch mit der Formulierung von Mie-Giorgi.

- 8) Dichte der magnetischen Energie

$$w_m = \frac{1}{2} c_m \mathfrak{H} \mathfrak{B} = \frac{1}{2} c_m \frac{\mathfrak{B}^2}{\mu} = \frac{1}{2} c_m \mu \mathfrak{H}^2.$$

Nur der Ausdruck ganz rechts ist identisch mit der Formulierung von Mie-Giorgi.

- 9) Zugkraft eines Elektromagneten je Flächeneinheit

$$\frac{1}{2} c_m \mathfrak{B}^2.$$

- 10) Elektrische Polarisation ( $\chi_e$  elektrische Suszeptibilität)

$$\mathfrak{P} = \mathcal{D} - \mathcal{E} = \chi_e \mathcal{E}.$$

- 11) Magnetisierung ( $\chi_m$  magnetische Suszeptibilität)

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{B} - \mathfrak{H} = \chi_m \mathfrak{H}.$$

- 12) Dichte der Lorentzkraft

$$\rho (\mathcal{E} + c_m [\mathfrak{v} \mathfrak{B}]).$$

Nummehr folgen einige Ausdrücke, die sich gegenüber Mie-Giorgi nicht geändert haben ( $c_e \equiv \epsilon_0$  und  $c_m \equiv \mu_0$ ).

- 13) Durchflutungsgesetz (Beharrungszustand)

$$\oint \mathfrak{H} \, dr = \mathcal{O}.$$

- 14) Magnetische Energie

$$W_m = \frac{1}{2} L I^2.$$

- 15) Poyntingscher Vektor

$$\mathcal{E} = [\mathcal{E} \mathfrak{H}].$$

- 16) Coulombsches Gesetz für Elektrizität

$$F = \frac{1}{c_e \epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi r^2}.$$

- 17) Coulombsches Gesetz für Magnetismus

$$F = \frac{1}{c_m \mu} \cdot \frac{P_1 P_2}{4 \pi r^2}.$$

Man beachte die Analogie zu (16).

- 18) Kraftdichte im elektrischen Feld

$$\rho \mathcal{E} - \frac{1}{2} c_e \mathcal{E}^2 \text{ grad } \epsilon.$$

- 19) Kraftdichte im magnetischen Feld (ohne Remanenz)

$$c_m [\mathfrak{H} \mathfrak{B}] - \frac{1}{2} c_m \mathfrak{H}^2 \text{ grad } \mu.$$

Nur das zweite Glied stimmt mit der Formulierung von Mie-Giorgi überein.

- 20) Induktivität einer Ringspule ( $w$  Windungen, Länge der Mittellinie  $a$ , Eisenquerschnitt  $F$ )

$$L = c_m \frac{\mu F}{a} w^2.$$

- 21) Kapazität eines Plattenkondensators (Fläche  $F$ , Abstand  $a$ )

$$C = c_e \frac{\epsilon F}{a}.$$

Abschließend einige Gleichungen aus der speziellen Relativitätstheorie, die abgesehen von (22) anders als bei Mie-Giorgi lauten:

- (22) Impulsdichte der Energieströmung

$$c_e c_m \mathcal{E} \text{ oder } \mathcal{E}/c^2.$$

- (23) Polarisation infolge Bewegung eines magnetisierten Ferromagnetikums

$$\mathfrak{P} = c_m [\mathfrak{v} \mathfrak{J}].$$

- (24) Magnetisierung infolge Bewegung eines polarisierten Dielektrikums

$$\mathfrak{J} = c_e [\mathfrak{P} \mathfrak{v}].$$

- (25) Verknüpfungsgleichungen von Minkowski, vereinfacht für langsame Bewegung, mit den Vakuumkonstanten  $c_e$  und  $c_m$

$$\mathcal{D} = \epsilon \mathcal{E} + c_m (\epsilon \mu - 1) [\mathfrak{v} \mathfrak{H}]$$

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H} - c_e (\epsilon \mu - 1) [\mathfrak{v} \mathcal{E}]$$

und mit den Vakuumkonstanten  $c$  und  $k$

$$\mathcal{D} = \epsilon \mathcal{E} + k (\epsilon \mu - 1) \left[ \frac{\mathfrak{v}}{c} \mathfrak{H} \right]$$

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H} - \frac{1}{k} (\epsilon \mu - 1) \left[ \frac{\mathfrak{v}}{c} \mathcal{E} \right].$$

### V. Zahlenbeispiele in paritätischen Einheiten

Die nachstehenden Beispiele stammen aus dem Gebiet des Ferromagnetismus. Hier fallen die Abweichungen vom bisherigen Gebrauch besonders auf, hier sind aber auch die Vorzüge am deutlichsten zu erkennen.

#### 1. Magnetisierungskurve

Im Laufe der Entwicklung ist die Magnetisierungskurve durch den Wechsel der Einheiten sehr verschieden aufgetragen worden; auf der Abszisse: zuerst  $H$  in Gauß, dann in Oersted, später in A/cm oder A/m, schließlich  $\mu_0 H$  bzw.  $B_0$  in Vs/cm<sup>2</sup> oder Vs/m<sup>2</sup>; auf der Ordinate: zuerst  $B$  in Gauß, dann in Vs/cm<sup>2</sup> oder Vs/m<sup>2</sup>. So ist man auf Umwegen und mit Hilfe passender Zehnerpotenzen zu guter Letzt doch wieder zu den ursprünglichen Zahlenwerten und zu gleichen Einheiten von Abszisse und Ordinate zurückgekehrt, so daß deren Division sofort die Permeabilität  $\mu$  als reine Zahl liefert.

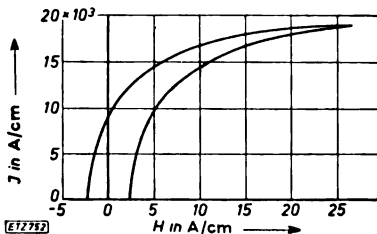


Bild 1. Halbe Hystereseschleife für Schmiedeeisen. Aus W. Pohl, Elektrizitätslehre, 13. u. 14. Aufl., S. 107, Abb. 220, jedoch in paritätischen Einheiten.

Im paritätischen System haben jedoch  $H$ ,  $B$  und  $J$  ohne jeden Zwang von vorneherein dieselbe Einheit. Bild 1 zeigt die obere Hälfte einer Hystereseschleife, bei der  $J$  und  $H$  in A/cm aufgetragen sind. Die Maßzahlen erscheinen in den bequemen Größenordnungen, an die man seit langem ge-

wöhnt ist und die mit den Einheiten von Mie und Giorgi verloren gegangen waren. Die Wurzel allen Übels, das ständige Multiplizieren und Dividieren mit der Größe  $\mu_0$ , ist ganz beseitigt und der Wirrwarr in den magnetischen Einheiten verschwunden. Infolgedessen geht auch die Scherung der Kurve  $B = f(H)$  zur Ermittlung von  $J = f(H)$  ohne Umrechnung vonstatten. Besonders angenehm ist es, daß es nur noch eine Permeabilität und nicht mehr drei Permeabilitäten gibt: die absolute, die relative und die des Vakuums.

#### 2. Elektromagnetischer Kreis

Um die Vereinfachung an einem Zahlenbeispiel zu zeigen, sei der elektromagnetische Kreis auf S. 176/177 des Buches „Einführung in die theoretische Elektrotechnik“ von Küpfmüller<sup>14</sup> in paritätischen Einheiten durchgerechnet. Bild 2 gibt die dortige Abbildung 179 wieder. Der Kreis ist mit Gleichstrom erregt. Seine Abmessungen sind  $l_1 = 2$  mm,  $l_2 = 97$  mm,  $l_3 = 107,5$  mm, er ist aus gewöhnlichen Dynamo-blechen zusammengesetzt, Höhe des Blechpakets 20 mm. Die

<sup>14</sup> Dritte Auflage, 1941.





# Neuer Trafo-Übersetzungsmesser

Von A. Keller, Frankfurt a. M.

DK 621.317.79.083.6 : 621.314.21

**Übersicht.** Es wird eine handliche, einfache und dabei äußerst genaue Prüfeinrichtung zur Messung des Leerlaufübersetzungs-Verhältnisses aller praktisch vorkommenden Transformatoren beschrieben, welche gegenüber der bisherigen Ausführung sowohl die direkte Ablesung des Übersetzungsverhältnisses als auch des Übersetzungsfehlers gestattet. Weitere Verbesserungen in mechanischer und elektrischer Hinsicht machen die Einrichtung sozusagen narrensicher<sup>1</sup>.

**Seitherige Ausführung.** — In den VDE-Fachberichten 10 (1938) S. 108—111 wurde eine vom Verfasser angegebene Prüfeinrichtung zur Messung des Leerlaufübersetzungs-Verhältnisses von Leistungstransformatoren beschrieben, das nach den Regeln der IEC auf  $\pm 0,5\%$  des gewährleisteten Wertes oder  $1/10$  der wirklichen Kurzschlußspannung genau gemessen werden muß, wobei der jeweils niedrigere der beiden Werte gilt.

Das Verfahren beruht darauf, daß die Sekundärspannung des Prüflings über einen primär vielfach angezapften Hilfswandler mit vernachlässigbar kleinem Eigenverbrauch gegen einen Teil seiner Primärspannung kompensiert wird, welche an einem parallel zu seiner Primärwicklung liegenden Spannungsteiler abgegriffen wird (Bild 1). Diese Einrichtung, die sich in der Praxis sehr gut eingeführt hat, hatte gegenüber dem bis dahin üblichen Verfahren folgende Vorteile:

1. Wesentlich erhöhte Genauigkeit durch Anwendung eines Kompensationsverfahrens.
  2. Messung nur mit Niederspannung von 220 V, so daß keine Regeleinrichtungen, keine Hochspannungsanlage und kein in Hochspannung geschultes Personal erforderlich sind, und die Messungen praktisch an jedem Ort ausgeführt werden können.
  3. Messung unabhängig von Spannungsschwankungen, Ablesung nur eines Instrumentes, so daß ein Mann Bedienung genügt.
  4. Erfassung aller praktisch vorkommenden Übersetzungsverhältnisse bei gleichzeitiger Schaltungskontrolle der Prüflinge und Erkennung von Windungsschlüssen.
  5. Unterbringung der Einrichtung in einem kleinen, tragbaren Meßkoffer.
- Es bestanden aber noch Möglichkeiten, die Einrichtung weiter zu vereinfachen, sowohl hinsichtlich der Ausführung als auch der Auswertung der Messungen und sie ferner unempfindlicher zu machen gegen mechanische und elektrische Überbeanspruchungen.

**Vereinfachung der Ausführung und der Auswertung der Messungen.** — Bild 2 zeigt die Schaltung des verbesserten Trafo-Übersetzungsmessers. Man ersieht daraus, daß das Meßprinzip das gleiche geblieben ist wie bei der bisherigen Ausführung. Der Hilfswandler, das wesentliche Kennzeichen dieser Meßmethode, ist jedoch nicht mehr mit zwei getrennten Wicklungen, sondern als Spartransformator ausgeführt, was eine beträchtliche Arbeitsersparnis bedeutet.

Zur Feststellung des Übersetzungsverhältnisses oder des prozentualen Übersetzungsfehlers des Prüflings war bei dem bisherigen Trafo-Übersetzungsmesser infolge einer willkür-

lich von 80 ... 120 ausgeteilten Skala und nicht entsprechend abgestuften Anzapfungen des Hilfswandlers jeweils eine Rechnung erforderlich, und zwar galt für das Übersetzungsverhältnis die Formel

$$U_{ist} = 100 U/a, \tag{1}$$

wobei  $U$  den am Meßbereichwähler eingestellten Wert und  $a$  den abgelesenen Skalenteil bedeutete.

Der prozentuale Übersetzungsfehler errechnete sich nach

$$F\%_0 = \frac{U_{ist} - U_n}{U_n} \tag{2}$$

$U_n$  = Nennübersetzungs-Verhältnis des Prüflings.

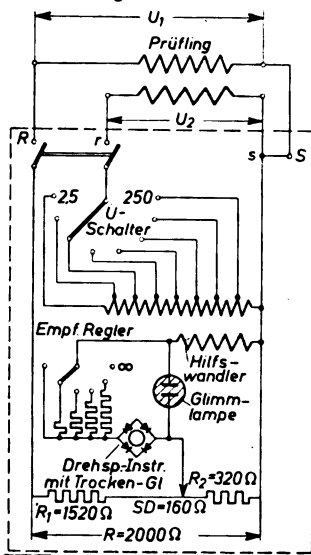
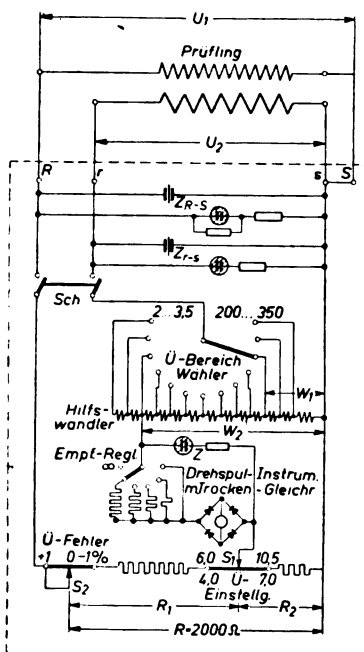


Bild 1. Schaltbild des bisherigen Trafo-Übersetzungsmessers.



$Z_{R-S}$  und  $Z_{r-s}$  Durchschlagsicherungen und Überspannungsanzeiger  
 $Z$  Glühlampe,  $Sch$  Schalter  
 $S_1$  und  $S_2$  Schleifkontakt 1 und 2  
 $W_1$  primäre Windungszahl des Hilfswandlers  
 $W_2$  sekundäre Windungszahl des Hilfswandlers  
 $U_1$  Erregerspannung des Prüflings  
 $U_2$  Sekundärspannung des Prüflings  
 Bild 2. Gesamtschaltbild des neuen Trafo-Übersetzungsmessers zur Messung aller Übersetzungsverhältnisse zwischen 2 und 350.

nebst den zugehörigen Multiplikationsfaktoren  $f$  aus Tafel 1 ersichtlich sind.

Nach der Abgleichung der Einrichtung ist das Übersetzungsverhältnis des Prüflings

$$U_{ist} = \frac{R}{R_2} \cdot \frac{W_2}{W_1} \tag{3}$$

$R$  ist bei Stellung des Schleifkontaktes  $S_2$  auf Null eine Konstante und beträgt  $2000 \Omega$ ,  $W_2/W_1$  ist nach erfolgter Wahl der Übersetzung des Hilfswandlers ebenfalls eine Konstante, so daß der Schleifdraht als Teil von  $R_2$  direkt in Werten des Übersetzungsverhältnisses geeicht werden konnte.

Durch die Aufteilung der beiden Skalen in dem Verhältnis  $R/R_2 = 4 \dots 7$  und  $1,5 R/R_2 = 6 \dots 10,5$  ergibt sich der jeweilige Multiplikationsfaktor  $f$  aus dem Verhältnis  $W_2/W_1$

<sup>1</sup> Hersteller: Hartmann & Braun AG.

Tafel 1. Die bei den verschiedenen Stellungen des Meßbereichwählers vorhandenen Meßbereiche.

$\frac{W_2}{W_1}$	Skalenteilung	Multiplikator $f$	U-Meßbereich
0,5	4...7	0,5	2... 8,5
0,75	6...10,5	0,5	3... 5,25
1	4...7	1	4...7
1,5	6...10,5	1	6... 10,5
2	4...7	2	8... 14
3	6...10,5	2	12... 21
5	4...7	5	20... 35
7,5	6...10,5	5	30... 52,5
10	4...7	10	40... 70
15	6...10,5	10	60... 105
20	4...7	20	80... 140
30	6...10,5	20	120... 210
50	4...7	50	200... 350

oder  $W_2/1,5 \cdot W_1$ . Das Übersetzungsverhältnis  $U_{ist}$  wird also ebenso einfach abgelesen wie jedes Meßgerät mit mehreren Meßbereichen. Der Übersetzungsfehler, der den Messenden in erster Linie interessiert und der ihm gleich sagt, ob das Übersetzungsverhältnis  $U_{ist}$  seines Prüflings noch innerhalb der zugelassenen Fehlergrenzen liegt, mußte bei der bisherigen Ausführung des Trafo-Übersetzungsmessers nach Gl. (2) ermittelt werden. Die neue Ausführung ermöglicht hingegen auch die direkte Ablesung des prozentualen Übersetzungsfehlers. Aus Gl. (3) ist ersichtlich, daß sich bei konstantem  $W_2/R_2$   $W_1$  das Übersetzungsverhältnis proportional mit dem Gesamtwiderstand  $R$  des Spannungsteilers ändert. Wählt man also das für die Messung in Frage kommende  $W_2/W_1$ , stellt den Schleifkontakt  $S_1$  auf den Wert des Nenn-Übersetzungsverhältnisses  $U_n$  ein und verändert den Gesamtwiderstand  $R$  durch einen an seinem Ende angebrachten Drehwiderstand, so kann man diesen direkt in Prozenten des Übersetzungsfehlers eichen. Dieser Drehwiderstand wurde so bemessen, daß sich Übersetzungsfehler von + 1% bis - 1% ablesen lassen. Liegt also der Übersetzungsfehler innerhalb  $\pm 1\%$ , was bei jedem einwandfreien Leistungstransformator der Fall sein muß, so ist zu seiner Bestimmung keinerlei Rechenarbeit mehr erforderlich. Liegt er jedoch aus irgendeinem Grunde außerhalb dieser Grenzen, so ist der Schleifkontakt  $S_2$  auf Null zu stellen und der Abgleich durch Verschieben des Schleifkontaktes  $S_1$  vorzunehmen. Der prozentuale Übersetzungsfehler errechnet sich in diesem Falle nach Gl. (2).

Unempfindlichkeit gegen mechanische und elektrische Überbeanspruchung. — Die Kompensationsspannung des Trafo-Übersetzungsmessers war von vornherein so groß gewählt worden, daß als Nullindikator ein einfaches spitzengelagertes Drehspulmeßwerk mit Trockengleichrichter verwendet werden konnte. Wenn auch der Zeiger dieses Instrumentes infolge des Winkelfehlers von Prüfling und Hilfswandler nach der Kompensation nicht ganz auf Null steht, so ist er doch in der Nähe des Nullpunktes, wo sich ein Reibungsfehler prozentual am stärksten auswirkt. Wurde nun die Prüfeinrichtung besonders rauh behandelt, wie es in Reparatur- und Montagewerkstätten vorkommen kann, so war es immerhin möglich, daß die Systemspitzen Schaden nahmen, was eine Erhöhung der Reibung und eine Verringerung der Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit zur Folge hatte. Deshalb wurde bei dem neuen Trafo-Übersetzungsmesser ein reibungsfreies Drehspul-Meßwerk mit Spannband-System gewählt, das gegen mechanische Stöße unempfindlich ist. Zur Erhöhung der Anfangsempfindlichkeit des Null-Indikators wurde sein Widerstand so bemessen, daß man bei kleiner Verstimmung des Kompensationskreises ein Leistungsmaximum an der Drehspulwicklung erhält.

Obwohl das Arbeiten mit dem Trafo-Übersetzungsmesser denkbar einfach ist, konnte es doch vorkommen, daß er bei Unachtsamkeit des Messenden Schaden nahm, beispielsweise wenn die Anschlüsse der Ober- und Unterspannung des Prüflings verwechselt wurden. Dabei konnten je nach dem



Bild 3. Äußere Ausführung des neuen Trafo-Übersetzungsmessers

Übersetzungsverhältnis des Prüflings Spannungen bis zu vielen tausend Volt an die Wicklungen des Hilfswandlers kommen, wofür dessen Isolation natürlich nicht bemessen ist.

Um solche Beschädigungen des Trafo-Übersetzungsmessers, insbesondere des Hilfswandlers als dem kostbarsten Teil der Prüfeinrichtung, zu vermeiden, wurden an deren Eingang Durchschlagsicherungen und Überspannungsanzeiger gelegt, und zwar sowohl parallel zur Überspannungswicklung als auch zur Unterspannungswicklung des Prüflings. Diese Sicherungen sprechen also schon vor dem Einlegen des Schalters  $Sch$  an, so daß unzulässig hohe Spannungen von der eigentlichen Prüfeinrichtung ferngehalten werden.

Die zwischen der Sekundärwicklung des Hilfswandlers und dem Spannungsteiler liegende Glimmröhre  $Z$  dient zur Anzeige einer Überspannung, welche bei falscher Polung des Prüflings, bei falscher Stellung des U-Bereichwählers oder einem Defekt des Prüflings auftreten kann. Erst nach Beseitigung eines solchen Fehlers darf der Empfindlichkeitsregler auf eine empfindlichere Stufe als  $\infty$  eingestellt werden.

Die äußere Ausführung des Meßkoffers (515x365x185 mm) zeigt Bild 3. Sein Gewicht beträgt 15 kg.

Vormessungen mit dem Trafo-Übersetzungsmesser. — Die Prüfeinrichtung ist nicht nur zu Übersetzungsmessungen an fertigen Transformatoren zu verwenden, sondern bei den Herstellern von Transformatoren und in Reparaturwerkstätten auch zu allen Vormessungen. Meist werden die einzelnen Spulen gleich nach ihrer Herstellung auf die richtige Windungszahl geprüft und zwar im Vergleich zu einer auf dem einen Schenkel eines U-förmigen Eisenkerns sitzenden Normalspule bekannter Windungszahl, während die Prüfspule auf den anderen Schenkel des Kerns geschoben ist. Es ist dabei darauf zu achten, daß der Eisenschluß zwischen U-Stück und Joch gut ist und der durch den Leerlaufstrom hervorgerufene Spannungsabfall der Normalspule bei ihrer Erregung mit 220 V vernachlässigbar klein ist.

Eine zweite Messung wird meist vorgenommen, wenn die Primär- und Sekundärwicklung auf dem eigentlichen Transformator Kern aufgebracht ist, wobei der Prüfling noch nicht fertig geschaltet zu sein braucht. Dabei erregt man zur Messung am bequemsten nacheinander die Überspannungswicklung jeden Schenkels einphasig mit 220 V.

Drittens mißt man am fertig geschalteten Transformator, wobei der Prüfling noch nicht in seinem Gehäuse sitzt, so daß unter Umständen eine falsche Schaltung, die ja durch die Messung ebenfalls erkannt wird, noch richtiggestellt werden kann.

Hier soll nicht unerwähnt bleiben, daß es Stellen gibt, bei denen der Trafo-Übersetzungsmesser mit Erfolg dazu verwendet wird, Präzisions-Spannungswandler abzugleichen.

**Zusammenfassung**

Ein neuer Trafo-Übersetzungsmesser nach dem Kompensationsprinzip wurde beschrieben, der die direkte Ablesung

des Übersetzungsverhältnisses und des prozentualen Übersetzungsfehlers des Prüfling gestattet. Durch ein Spannbandsystem für das Nullinstrument, durch Durchschlagsicherungen und Überspannungsanzeiger wurde die Einrichtung weitgehend unempfindlich gegen mechanische und elektrische Überbeanspruchung.

**Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II**  
**Die Sättigungswinkelsteuerung**

(Mitteilung aus dem Versuchslabor der Giesenhagen K. G., München)

Von W. Schilling, Wolfenbüttel

DK 621.318.42 : 621.395.646

**Übersicht.** Im Anschluß an eine erste Arbeit über die beiden Grundformen des magnetischen Verstärkers<sup>1</sup>, des Verstärkers mit Induktivitätssteuerung und des Verstärkers mit Strombegrenzungssteuerung, erörtert die vorliegende Arbeit die Wirkungsweise einer Weiterentwicklung: den magnetischen Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung. Es wird gezeigt, wie durch diese Form die Leistungsverstärkungsziffer vervielfacht werden kann, d. h. die kleinen Steuerströme des Verstärkers mit Induktivitätssteuerung sich verbinden lassen mit den hohen Arbeitsströmen des Verstärkers mit Strombegrenzungssteuerung.

**Bezeichnungen**

- $I_1$  Steuergleichstrom
- $(I_1)_{sk}$  Steuergleichstrom entsprechend dem Sättigungsknick auf der magnetischen Kennlinie
- $I_2$  Effektivwert des Arbeitswechselstromes
- $(I_2)_{m}$  Mittelwert des gleichgerichteten Arbeitswechselstromes
- $i_2$  Zeitwert des Arbeitswechselstromes
- $(I_2)_s$  Arbeitswechselstrom bei vollständiger Sättigung des Verstärkers
- $B_0$  höchste Induktion im Verstärkerkern bei direktem Wechselspannungsanschluß und  $I_1 = 0$
- $B_a$  durch Vormagnetisierung eingestellte Induktion
- $B_{sk}$  Induktion im Sättigungsknick
- $b$  Zeitwert der Induktion
- $U_{12}$  { Effektivwert } der Netzwechselspannung
- $u_{12}$  { Zeitwert }
- $U_{21}$  { Effektivwert } der Arbeitsspannung, Spannung am
- $u_{21}$  { Zeitwert } Belastungswiderstand.

**1. Einleitung**

Wir gehen wieder aus von der einfachen Grundschaltung nach Bild 1. Hierfür wurde in der ersten Arbeit gezeigt, daß zwei Möglichkeiten des Betriebes als magnetischer Verstärker bestehen:

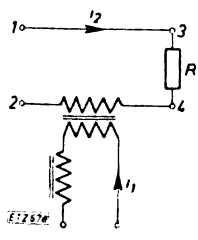


Bild 1. Grundform des magnetischen Verstärkers mit Induktivitätssteuerung oder Strombegrenzungssteuerung.

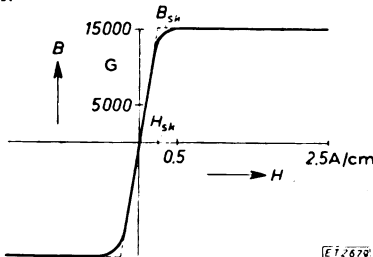


Bild 2. Magnetische Kennlinie mit scharfem Sättigungsknick und Vernachlässigung der Restneigung im Sättigungsgebiet.

ist verständlich, daß hierfür magnetische Werkstoffe gewählt werden, die möglichst hohe Sättigungsinduktion bei möglichst kleiner Erregung aufweisen.

b) Die zweite Betriebsmöglichkeit sieht eine Vormagnetisierung bis weit in den Sättigungsbereich vor bis zur Grenze der Belastbarkeit der Wicklung, und eine relativ hohe Arbeitswechselspannung ohne Vormagnetisierung gerade bis zur Erreichung des Sättigungsknicks. Dann ergibt sich, wie gezeigt, eine Anpassung des Wechselstromes an den Gleichstrom. Der Gleichstrom schreibt die Höhe des Wechselstromes im Negativen vor, wodurch sich eine fast lineare Abhängigkeit des Wechselstromes vom Gleichstrom ergab. Man braucht hier nicht unbedingt eine Eisensorte mit kleiner Sättigungserregung.

Wir können diese beiden Betriebsarten als Induktivitätssteuerung und Strombegrenzungssteuerung unterscheiden.

Es wird nun zu zeigen sein, wie die Sättigungswinkelsteuerung beide Vorteile verbindet: hohe Ausnutzung der Typenleistung und damit höchst mögliche Wechselstromleistung mit kleinen Vormagnetisierungsströmen entsprechend dem ersten Bereich der magnetischen Kennlinie und damit kleine Eingangsleistung und hohe Verstärkungsziffer.

**2. Die Wirkung der Sättigungswinkelsteuerung in der Grundschaltung des magnetischen Verstärkers**

Zum Verständnis gehen wir aus vom Einschaltvorgang der Drossel bei ohmscher Belastung nach Bild 1. Die Spannung sei so gewählt, daß bei dauerndem Anschluß der Drossel an diese Spannung und ohne Vormagnetisierung, gerade nicht mehr der Sättigungsknick erreicht wird. Wir nehmen außerdem eine magnetische Kennlinie der Drossel mit ausgeprägtem Knick an (Bild 2). Dann wird in diesem Fall, wie bei jeder normalen Wechselstromdrossel, während der positiven Halbwelle der Spannung die magnetische Kennlinie vom negativen Sättigungsknick bis zum positiven Knick durchlaufen, und während der negativen Halbwelle umgekehrt vom positiven zum negativen Knick.

Wenn wir jetzt die Drossel im Nulldurchgang der Spannung zu Beginn der positiven Halbwelle eingeschaltet denken, dann beginnt die Induktion auf der Kennlinie nicht im negativen Knickpunkt, sondern im Nullpunkt. Denn jetzt gilt für den Fluß bzw. die Induktion  $b$ :

$$w \varphi = W b F = \int_0^t u dt \quad \text{oder} \quad b = \frac{1}{WF} \int_0^t u dt, \quad (1)$$

im Gegensatz zum eingeschwungenen Zustand, wo gilt:

$$b = -\dot{b} + \frac{1}{WF} \int_0^t u dt. \quad (2)$$

<sup>1</sup> ETZ 71 (1950) S. 7.

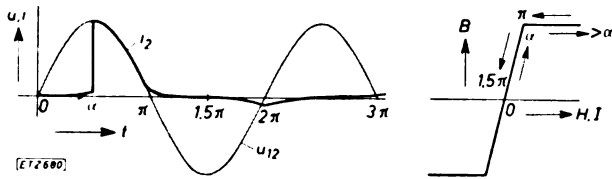


Bild 3. Einschaltvorgang einer Drosselspule mit magnetischer Kennlinie nach Bild 2.

Das bedeutet, daß innerhalb der ersten Viertelwelle die magnetische Kennlinie vom Nullpunkt bis zum Knick durchlaufen wird, und dann die Drossel in die Sättigung umschlägt. Bis zu diesem Zeitpunkt in der Mitte der Halbwellen ist der Strom sehr klein, wenn die Kennlinie genügend steil bis zum Knick verläuft. Von diesem Zeitpunkt ab ist weiterhin der Strom durch den Belastungswiderstand bestimmt. Der Strom springt steil an und verläuft gemäß der sinusförmigen Wechselspannung, bis er wieder auf nahezu Null abfällt und damit die Drossel wieder in den ungesättigten Zustand kommt.

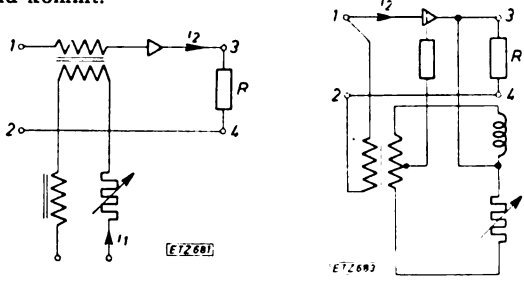


Bild 4. Grundform des magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung. Gesteuerter Einweggleichrichter zum Vergleich rechts.

Bei normalem Anschluß würde in der negativen Halbwellen der Spannung die Kennlinie bis zum negativen Knick durchlaufen werden, schon die folgende positive Halbwellen würde dort beginnen und die Drossel würde nicht mehr gesättigt werden können (Bild 3). Aber man kann

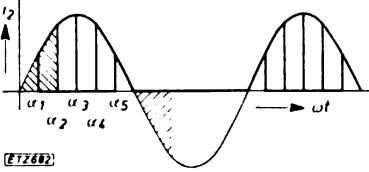


Bild 5. Stromformen des magnetischen Verstärkers und Stromrichters nach Bild 6 bei verschiedener Vormagnetisierung bzw. Zündverzögerung.

den geschilderten ersten Einschaltvorgang festhalten, wenn man in Reihe mit der Drossel nach Bild 4 ein Trockenventil legt, das den Strom jeweilig im Nulldurchgang unterbricht und zu Beginn der positiven Halbwellen den Vorgang wieder einschaltet.

Diesen Vorgang kann man durch die Vormagnetisierung steuern, und zwar wird durch diese der jeweilige Anfangspunkt beim Einschalten des Stromes auf der magnetischen Kennlinie festgelegt. Das bedeutet aber, daß die Kennlinie bis zum Sättigungsknick nicht mehr innerhalb der positiven Viertelwelle der Spannungskurve durchlaufen wird, sondern schneller, wenn der Anfangspunkt im Positiven liegt, und langsamer, wenn der Anfangspunkt im Negativen liegt.

Wenn wir von diesem geringfügigen Anstieg des Stromes bis zur Sättigung und Abfall von der Sättigungsgrenze bis auf Null absehen, dann zeigen die diesem Betrieb entsprechenden Ströme nach Bild 5 übereinstimmenden Verlauf mit dem gesteuerten Einwegstromrichter. Der Zündwinkel oder Zündverzögerungswinkel  $\alpha$ , der die Zündung des Stromrichters innerhalb der positiven Halbwellen angibt und durch die Phasenlage der Gitterspannung festgelegt wird, ist genau entsprechend dem Umschlagzeitpunkt in die Sättigung! Die Stromformen bilden nach Bild 5 mehr oder weniger breite Ausschnitte aus der positiven Halbwellen der Sinuskurve.

Will man Wechselstrom im Ausgang haben, so kann man nach Bild 6 links zwei Elemente antiparallel schalten und erhält dann die gleichen Ströme, wie in der antiparallelen Stromrichterschaltung rechts [6, 7].

Wenn die magnetische Kennlinie geradlinig bis zum Knick verläuft ist die Regelkennlinie eine Gerade. Für den Mittelwert der Arbeitsstromhalbwellen  $I_{2m}$  in Abhängigkeit vom Steuerleichstrom gilt:

$$(I_2)_m = \frac{U_{12} \sqrt{2}}{R \pi} \cdot \frac{1}{2} + \frac{U_{12} \sqrt{2}}{R \pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{I_1}{(I_1)_{sk}} - (I_1)_{sk} < I_1 < + (I_1)_{sk}$$

$$= \frac{U_{12} \sqrt{2}}{R \pi} \left[ \frac{1}{2} + \left( \frac{1}{2} \frac{I_1}{(I_1)_{sk}} \right) \right]$$

wenn die Spannung  $U_{12}$  so groß ist, daß bei direktem Anschluß gerade der Sättigungsknick erreicht würde ( $B_a = B_{sk}$ ). Rechts tritt als erstes Glied der Mittelwert der Stromviertelwellen auf, die erreicht wird, wenn die Vormagnetisierung Null ist und wie gesagt die Spannung so eingestellt ist, daß bis zum Sättigungsknick eine Viertelwelle der Spannung durchlaufen wird. Das zweite Glied gibt dagegen den Einfluß der Vormagnetisierung wieder: Wert  $I_1 = I_{1sk}$  wird, dann kommt im Strom zur zweiten Viertelwelle die erste hinzu, so daß eine volle Stromhalbwellen entsteht. Wird aber  $I_1 = -I_{1sk}$ , dann wird die zweite Viertelwelle unterdrückt, und der Strom wird Null. Der Mittelwert

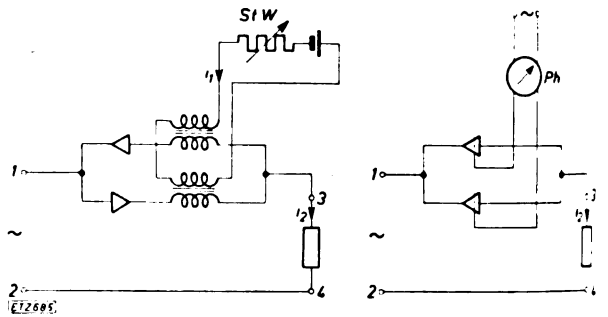
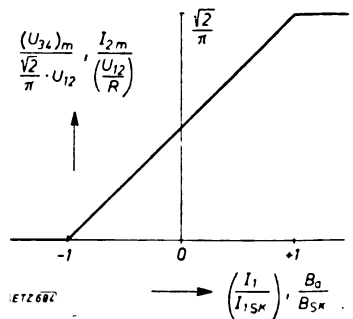


Bild 6. Magnetischer Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung mit gegengeschalteten parallelen Elementen. Gesteuerte Stromrichter zum Vergleich rechts.

wert des Arbeitsstromes  $I_2$  ist linear von dem Steuerleichstrom  $I_1$  abhängig, weil ja bei geradliniger magnetischer Kennlinie jede Zu- oder Abnahme des Vormagnetisierungsstromes zugleich eine Ab- oder Zunahme des Integrals  $\int_0^{\alpha} u dt$  bedeutet und damit eine Zu- oder Abnahme des Integrals  $\int_{\alpha}^{\pi} u dt$ , das seinerseits den Mittelwert des Arbeitsstromes festlegt (Bild 7).



$U_{12}$  Netzspannung,  $R$  Belastungswiderstand,  $I_1$  Steuerleichstrom,  $I_{2m}$  Mittelwert des Arbeitsstromes,  $I_{1sk}$  Steuerleichstrom entsprechend dem Knick der Magnetisierungskennlinie,  $B_a$  magnetische Induktion zum Beginn der Netzspannungs-Halbwellen,  $B_{sk}$  magnetische Induktion am Kennlinienknick.

Bild 7. Arbeitsstrom-Steuerkennlinie des magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung nach Bild 4.

Wir können allgemein den Arbeitsstrom auf  $U_{12} R$  beziehen und erhalten dann

$$\frac{(I_2)_m}{U_{12} R} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \left[ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{I_1}{(I_1)_{sk}} \right]$$



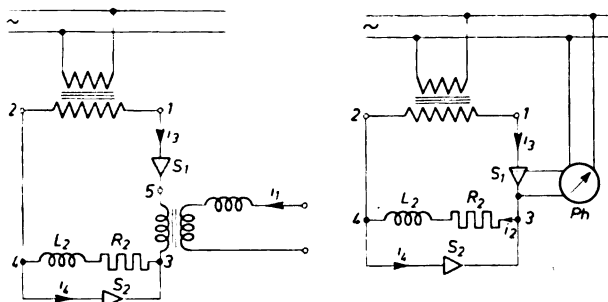


Bild 8. Magnetischer Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung und „Nullanode“ bei geglättetem Belastungsstrom (links) im Vergleich zum gesteuerten Gleichrichter mit Nullanode (rechts).

schauliche Vorstellung vom grundsätzlichen Verhalten des Verstärkers.

Wenn die tatsächlich nichtlineare Kennlinie berücksichtigt wird, aber ein praktisch waagerechter Verlauf im Sättigungsbereich noch angenommen werden kann, wie in Bild 2, dann ist die Regelkennlinie ein Abbild der Magnetisierungskennlinie. Der Mittelwert  $(I_2)_m$  ist immer noch von der durch die Vormagnetisierung bestimmten Induktion  $\hat{B}_a$  linear abhängig, d. h. es gilt

$$I_{2m} = k_1 + k_2 \cdot \hat{B}_a \quad (6)$$

Aber  $B_a$  ist seinerseits von der Steuerstromstärke  $I_1$  nach der Magnetisierungskennlinie nicht linear abhängig, so daß  $(I_2)_m = f(I_1)$  der Magnetisierungskennlinie gleicht. Das lassen die praktischen Kennlinien leicht erkennen.

Dabei zeigt sich, daß unter Berücksichtigung der Hysterese die obere Begrenzung der Hystereseschleife maßgebend ist.

Im Vergleich zu den früher behandelten beiden Betriebsarten des magnetischen Verstärkers sehen wir, daß in diesem Falle die Vorteile beider zusammenkommen:

Volle Ausnutzung der Typenleistung durch Grenzspannung und Grenzstrom im Arbeitskreis, niedriger Steuerstrom durch Begrenzung des Steuerstromes, bzw. der zugehörigen H-Werte auf dem ersten Bereich der magnetischen Kennlinie bis zum Knick.

Daraus ergibt sich für den Leistungsverstärkungsfaktor eine wesentliche Steigerung.

Damit ist das Grundprinzip des magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung gegeben.

Der folgende Abschnitt behandelt die speziellen Schaltungen, die an dieses Grundprinzip anschließen.

### 3. Die Grundformen des magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung bei ohmsch-induktiver Belastung bzw. geglättetem Gleichstrom (Schaltung mit Nullanode)

Die Beziehung zwischen gesteuertem Einweg-Stromrichter und magnetischem Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung läßt erwarten, daß auch bei Übergang auf geglätteten Arbeitsstrom in beiden Fällen ähnliche Wege beschritten werden.

Wir nehmen in Bild 4 in Reihe mit dem ohmschen Widerstand  $R$  eine Induktivität  $L$  an, diese kann auch durch die Restinduktivität des Verstärkers selbst gebildet werden, denn tatsächlich ist ja nach der Magnetisierungskennlinie nach Bild 2 im Sättigungsgebiet auch noch eine geringe Neigung zu berücksichtigen.

Dann ändern sich die Stromformen in Bild 5, indem die Stromführungsdauer und der Sättigungsbereich über  $\omega t = \pi$  hinausgehen, der Anstieg durch die Induktivität verflacht wird und die Höhe des Stromes bzw. der Mittelwert herabgesetzt wird. Hier können wir die Ergebnisse der Stromrichtertechnik übernehmen<sup>1</sup>.

Wichtig ist besonders die Möglichkeit, durch eine sog. „Nullanode“ zu einem vollkommen geglätteten Strom zu kommen, und dadurch die Abnahme des Stromes durch die Induktivität zu vermeiden.

Bild 8 zeigt die Gegenüberstellung der Stromrichterschaltung und der Verstärkerschaltung und Bild 9 die Stromspan-

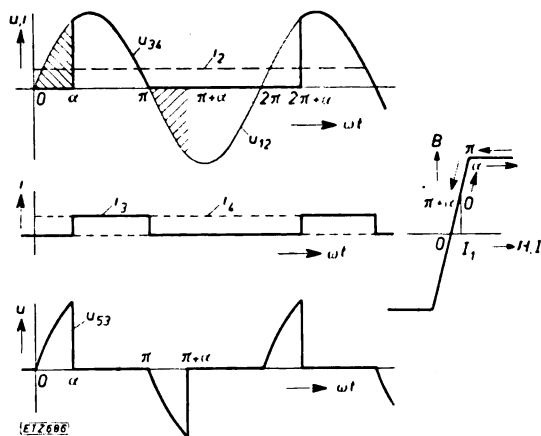


Bild 9. Spannungen und Ströme des magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung und Nullanode in der Schaltung nach Bild 11.

ungsverhältnisse. Oben sehen wir die Netzspannung  $U_{12}$  und stark ausgezogen die Spannung  $U_{34}$  am Belastungs-zweig.

Infolge der Zündverzögerung setzt der Stromrichter  $S_1$  erst bei  $\omega t = \alpha$  mit der Stromführung ein, und bei  $\omega t = \pi$  wird der Strom von  $S_1$  übernommen, das im Nulldurchgang der Spannung  $U_{12}$  zu Beginn der negativen Halbwelle zündet. Während der Stromführungsdauer  $\alpha < \omega t < \pi$  führt  $S_1$  den Konstantstrom  $i_1 = i_2$ .

Gemäß des aus der Stromrichtertechnik bekannten Umschaltvorganges<sup>2</sup> wird mit einem kurzzeitigen Kurzschluß des Transformators der Strom von  $S_1$  auf  $S_2$  umgeschaltet. Im Bereich  $\pi < \omega t < (2\pi + \alpha)$  wird dann der Strom im Belastungs-zweig aus der magnetischen Energie der Drossel  $L$  aufrechterhalten ( $i_2 = i_3$ ). Auf diese Weise schafft man also dem Strom  $i_2$  die Möglichkeit, dauernd in konstanter Höhe zu fließen.

Diese Überlegungen lassen sich auf den magnetischen Verstärker nach Bild 8 links übertragen. Die Zündverzögerung wird durch die Sättigungswinkeleinstellung ersetzt. Der Umschaltvorgang setzt auch hier bei  $\omega t = \pi$  ein. Es bleibt aber nach erfolgter Umschaltung ein Reststrom  $I_{ks} = I_3$  über, der im Bereich  $\pi < \omega t < \pi + \alpha$  abgebaut wird. Dann sperrt  $S_1$ . Somit ergibt sich der Spannungsverlauf in Bild 9 unten für die Wechselspannung am Verstärker.

Aus der Stromrichtertechnik ist bekannt, daß der Umschaltvorgang, der hier kurzzeitig angenommen ist, durch die Streuinduktivität des Transformators ausgedehnt wird, so daß die Ströme  $i_3$  und  $i_4$  allmählich ansteigen und abfallen. Im gleichen Sinne würde die Restinduktivität des Verstärkers im Sättigungsbereich wirken. Das bewirkt eine Absenkung des Mittelwertes von  $u_{34}$  und damit Abnahme von  $(I_2)_m$ .

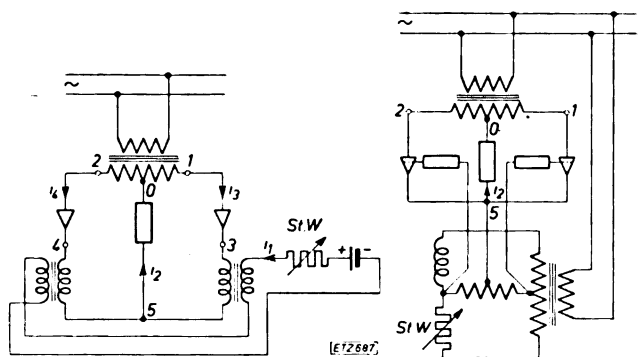


Bild 10. Zweiphasiger magnetischer Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung (links) im Vergleich zum zweiphasigen gesteuerten Gleichrichter (rechts).

Die obigen Überlegungen über die Kennlinie der Grundform bleiben auch hier noch gültig für den Zusammenhang von mittlerem Arbeitsstrom  $(I_2)_m$  und Steuerstrom  $I_1$ .

<sup>1</sup> vgl. [6] S. 16 ff und S. 269 ff.

<sup>2</sup> vgl. [7] S. 25.

**4. Der mehrphasige magnetische Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung**

Durch den Übergang von der einphasigen Grundform auf die mehrphasigen praktischen Schaltungen soll erreicht werden, die vom Arbeitskreis übertragene Wechselspannung im Gleichstromkreis zu kompensieren, sowie den Arbeitsstrom zu glätten.

Die für die Grundform aufgezeigte Analogie zwischen magnetischem Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung und Einweg-Stromrichter mit Zündwinkelsteuerung läßt vermuten, daß auch bei den mehrphasigen Schaltungen die Analogie bestehen bleibt, was tatsächlich der Fall ist. So zeigt Bild 10 einen magnetischen Verstärker, der nach dem Vorbild des zweiphasigen Einweg-Gleichrichters arbeitet. Wir sehen diesen rechts zum Vergleich. Bei der Steuerung eines solchen Gleichrichters unterscheidet man zwei Fälle:

Wenn die Belastung ein rein ohmscher Widerstand ist, dann ist der Zündwinkelbereich  $0 < \alpha < 180^\circ$ , d. h. er erstreckt sich über die ganze Breite der Halbwelle. Ist dagegen der Belastungsstrom durch eine große Kathodendrossel „geglättet“, so drängt sich der für die Steuerung notwendige Zündwinkelbereich auf  $0 < \alpha < 90^\circ$  zusammen<sup>3</sup>. Ganz entsprechendes gilt für die Sättigungswinkelsteuerung für den Bereich des Sättigungswinkels.

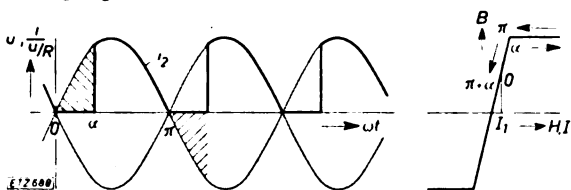


Bild 11. Spannungen und Ströme des zweiphasigen magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung nach Bild 10 bei ohmscher Belastung.

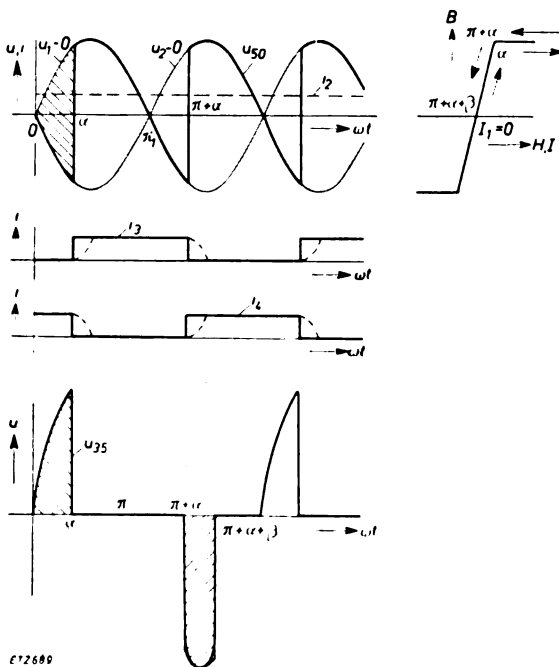


Bild 12. Spannungen und Ströme des zweiphasigen magnetischen Verstärkers mit Sättigungswinkelsteuerung nach Bild 10 bei geglättetem Belastungsstrom.

Bei ohmscher Belastung haben wir es zu tun mit zwei im Gegentakt arbeitenden Einphasenschaltungen, die auf den gleichen Verbraucherwiderstand arbeiten. Die beiden Verstärker stören sich gegenseitig nicht. Bild 11 zeigt die beiden Spannungen und den gemeinsamen Strom. Der Anlaufbereich des einen Verstärkers ist zugleich der Abklingbereich des anderen. In Bild 11 sind die Spannungszeitflächen gestrichelt, die den Anstieg des Stromes bis zur Sättigung und das Abklingen bis zum Abreißen des ersten Verstärkers bedingen. Wie bei der Grundform mit ohmscher

<sup>3</sup> vgl. [7] S. 44 ff.

Belastung ist hier ein Sättigungswinkelbereich von  $0 < \alpha < 180^\circ$  zu erwarten. Bild 11 zeigt rechts das Wandern des Arbeitspunktes auf der magnetischen Kennlinie, wobei der Sättigungsbeginn dem Punkte  $\omega t = \alpha$  auf der Zeitachse entspricht.

Wenn die Belastung induktiv ist, erhalten wir im günstigsten Fall gegebenenfalls durch eine zusätzliche Glättungsdrossel einen vollkommen glatten Gleichstrom. Auch in der Stromrichtertechnik wird diese Annahme gemacht. Bild 12 zeigt die Ströme und Spannungen dieser Schaltung. Wir sehen oben die Spannungen des Transformators und die Arbeitsspannung (in der Stromrichtertechnik die „gleichgerichtete Spannung“) sowie gestrichelt den Arbeitsstrom  $I_2$  mit einem Sättigungsknickwinkel von  $\alpha = 60^\circ$  *el.* Wir sehen, daß der Mittelwert der Arbeitsspannung bereits auf den halben Wert abgesunken ist. Aus der Stromrichtertechnik ist bekannt, daß die mittlere Spannung mit  $\cos \alpha$  abnimmt. Der Strom  $I_2$  teilt sich, wie in der Mitte gezeigt, auf die beiden Verstärker auf. Unten sehen wir die Spannung an rechten Verstärker  $u_{25}$  in Bild 10. Wir sehen, daß diese Spannung jetzt doppelte Werte annimmt, weil jetzt der Anlaufbereich noch im Arbeitsbereich des anderen Verstärkers liegt. Infolge dieser Verdopplung der Spannung drängt sich jetzt der Regelbereich auf den halben Sättigungswinkelbereich zusammen. Insbesondere ist bei Vormagnetisierung Null, wo in der einphasigen Grundform der Umschlag in die Sättigung normal bei  $\omega t = 90^\circ$  erfolgt, wenn  $B_0 = B_{sk}$ , jetzt infolge der erhöhten Spannung der Umschlag in die Sättigung bei  $\omega t = 60^\circ$  erfolgt, also auch in der Mitte des neuen Regelbereichs  $0 < \alpha < 90^\circ$ . Mit der doppelten Spannung wird das bis zur Sättigung notwendige  $\int u dt$  bereits

nach  $60^\circ$  *el.* erreicht. Infolgedessen kann jetzt mit dem gleichen Steuerstrombereich der verkürzte Sättigungswinkelbereich überdeckt werden.

Bild 12 zeigt rechts wieder den Weg des Arbeitspunktes auf der Kennlinie. Wichtig ist, daß hier der Strom jedes Verstärkers durch das Anspringen des Stromes im anderen zu Beginn von dessen Sättigung abgelöst wird. Dieser aus der Stromrichtertechnik bekannte Ablösungsvorgang, der dort zur Löschung des Stromes führt, bringt hier den abzulösenden Strom auf seinen geringen Wert entsprechend dem Knickpunkt der magnetischen Kennlinie. (Allerdings erfolgt dieser Ablösungsvorgang, wie aus der Stromrichtertechnik bekannt, nicht plötzlich, sondern allmählich, wie gestrichelt angedeutet.) Danach wird der Strom durch die dem Verstärker auftretende Spannung, wie dies Bild 12 unten von  $\omega t = \pi + \alpha$  bis  $\pi + \alpha + \beta$  zeigt, erst voll auf Null gebracht und unterbrochen.

Wir gewinnen also auf diese Weise, vom Standpunkt der Stromrichtertechnik gesehen, einen regelbaren Gleichrichter mit ungesteuerten Gleichrichterventilen, wobei der Steuerstrom  $I_1$  die sonst übliche Zündwinkelsteuerung übernimmt.

Es erübrigt sich nach Darstellung dieses Grundprinzips nun die Übertragung der mannigfachen mehrphasigen gesteuerten Gleichrichterschaltungen auf den Verstärker mit Sättigungswinkelsteuerung zu verfolgen. Es sei nur

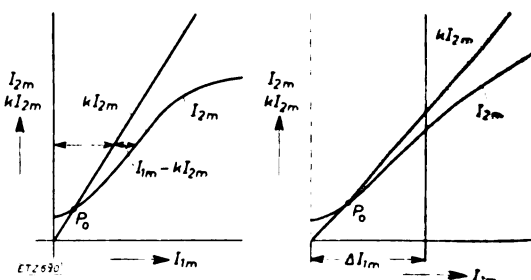


Bild 13. Arbeits-Steuerstrom-Kennlinie und Rückkopplungsgerade magnetischen Verstärkers mit Strombegrenzungssteuerung (links) und Sättigungswinkelsteuerung (rechts) für das Übersetzungsverhältnis der Wicklungen in beiden Fällen. Rechts ist der absolute Stromwert für  $I_{1m}$  um eine Größenordnung kleiner als links.

öglichkeit der Rückkopplung noch kurz betrachtet, e naturgemäß besonders für die Schaltung mit geglätt- m Arbeitsstrom in Frage kommt.

Wir gehen aus von der Regelkennlinie nach Bild 13 ks, die den mittleren Arbeitsstrom  $I_{2m}$  in Abhängigkeit m Steuerstrom  $I_{1m}$  angibt, und denken uns den Arbeits- rom zur Unterstützung der Vormagnetisierung über eine rückkopplungswicklung des Verstärkers geführt. Bezeich- n wir den durch die Windungszahl der Rückkopplungs- wicklung festgelegten Anteil des Steuerstromes  $I_{1m}$  mit  $\lambda = k \cdot I_{2m}$  so wird dieser Anteil in Bild 13 links durch ne Gerade dargestellt und es ist nur noch die Differenz  $I_{1m} - k I_{2m}$  von der eigentlichen Steuerstromquelle aufzu- bringen. Die Art der Kennlinie führt dazu, daß sich für den ßeren Steuerstrom  $I_{1m} - k I_{2m} = 0$  der Punkt  $P_0$  auf r Kennlinie einstellt. Dieser Punkt muß genügend tief gen und legt so den Grad der Rückkopplung und damit n Wert  $k$  fest.

Der magnetische Verstärker mit Sättigungswinkelsteue- ng zeigt eine Kennlinie, die schematisch Bild 13 rechts edergibt. Da der Steuerstrom hier einen negativen und sitiven Bereich hat, so muß, um die Stabilität zu sichern, rch einen festen Zusatzsteuerstrom  $\Delta I_{1m}$  der Nullpunkt rlagert werden. Dann ist auch hier eine Rückkopplung d damit Verbesserung der Verstärkungsziffer möglich.

Abschließend sei ein Hinblick auf die Anwendung der rverstärker mit Sättigungswinkelsteuerung gegeben, vergli- en mit den beiden anderen Verstärkertypen, dem mit In- ktivitätssteuerung und dem mit Strombegrenzungssteue- ng.

Die Ausnutzung der Typenleistung der Verstärkerkerne mit Sättigungswinkelsteuerung am besten. Es kann im ßersten Fall fast die doppelte äquivalente Einphasentrans- mator-Typenleistung geregelt werden, gegenüber der Aus- nutzung der vollen Typenleistung bei der Strombegren- zungssteuerung. Die Sättigungswinkelsteuerung verlangt er ungesteuerte Ventile im Arbeitsstromkreis. Daher wird

man bei Verstärkern für hohe Arbeitsleistung gegebenenfalls doch die Strombegrenzung in der Ausgangsstufe vorziehen. Dagegen überall da, wo sowieso Gleichstrom im Ausgang verlangt wird und daher Ventile verwendet werden, ist die Sättigungswinkelsteuerung den anderen Typen überlegen. Die Steuerleistung ist umso geringer, je geringer die Strom- stärke ist oder die Stromwindungen zur Erreichung des Sätti- gungsknicks sind. Hierin ist die Sättigungswinkelsteuerung der Strombegrenzungssteuerung bei weitem überlegen.

**Zusammenfassung**

Der magnetische Verstärker mit Sättigungswinkelsteue- rung zeigt weitgehende Analogie zum gesteuerten Gleichrich- ter. Er besitzt im Arbeitskreis ungesteuerte Ventile und er- reicht die Steuerung des Arbeitsstromes durch Einstellung mit dem Vormagnetisierungsstrom  $d$   $e$   $r$  Induktion, die zu Be- ginn des sich wiederholenden Einschaltvorganges wirksam ist. Diese Einstellung wirkt sich wie die Zündverzögerung des gesteuerten Gleichrichters aus. Auf diese Weise lassen sich mit Steuerleistungen in der Größe der Kupferverluste von Magnetisierungsströmen Arbeitsleistungen in der Größe der Typenleistung der verwendeten Kerne steuern. Die Ver- stärkungsziffer läßt sich durch Rückkopplung um eine Grö- ßenordnung erhöhen. Diese Verstärker sind immer dann allen anderen Schaltungen überlegen, wenn sowieso ein Ar- beits g l e i c h s t r o m gefordert ist.

**Schrifttum**

- [1] U. Krabbe: The Transduktor Amplifier. Selbstverlag des Ver- fassers, Vasterås, Schweden.
- [2] A. G. Milnes: A New Theory of the Magnetic Amplifier. Proc. Instn. Electr. Engrs. 97 (1950) S. 460.
- [3] U. Lamm: Some Fundamentals of a Theory of the Transduktor or Magnetic Amplifier. Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. Dez. 1947.
- [4] S. E. Hedstroem u. L. F. Borg: Transduktor Fundamentals. Electronics 21 (1948) S. 88.
- [5] Schilling: Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstär- kers. ETZ 71 (1950) S. 7.
- [6] Schilling: Die Gleichrichterschaltungen. München 1938.
- [7] Schilling: Stromrichtertechnik. München 1950.

**Neue Laufzeitröhren**

DK 621.358.16

Für das Dezimeterwellengebiet ist eine neue, mit gro- ßem Wirkungsgrad arbeitende Verstärkeröhre, die Ma- gnetron-Wanderfeldröhre [1], entwickelt wor- den, die eine Abwandlung des gebräuchlichen Magnetrons darstellt; sie gehört in die Gruppe der Laufzeitröhren, bei denen eine Wechselwirkung zwi- schen einer Elektronenströmung und einem fortschreiten- den elektromagnetischen Feld vorliegt [2]. Die Elektronen ver- halten sich wie in jedem Magnetron in einem gekreuzten elektrostatischen und elektromagnetischen Querfeld; wäh- rend jedoch beim Schlitzmagnetron bekanntlich ein zylindri- sches, tangential durchlaufener Hochfrequenzraum vorhan- den ist, besitzt die neu entwickelte Röhre einen als Hohl- röhre ausgebildeten geradlini- gen Hochfrequenzraum, in dem die Elektronen in ach- senlicher Richtung eintreten. In diesem hochfrequenten Drehfeld des Schlitzmagnetrons wird die Röhre durch eine in dem Hohlleiter mit ihrer Phasen- geschwindigkeit fortschrei- dende elektromagnetische Welle.

Bild 1 zeigt einen Querschnitt der neuen Röhre in sche- matischer Darstellung. Zwischen einem Hohlleiter mit den Enden A und B, die gleichzeitig Anode und Kathode der Röhre darstellen, wandert in Achsrichtung ein elektro- magnetisches Feld. Zwischen den Platten A und B befindet sich ein elektrisches Feld  $E_x$  und senkrecht zur Zeichen-

ebene in Richtung der z-Achse ist ein magnetisches Feld  $H$  angeordnet. Von einer außerhalb des Hochfrequenzraumes befindlichen Kathode D tritt ein bandförmiger Elektronen- strahl C in Achsrichtung in den Hohlleiter ein und wird nach Durchlaufen des Hochfrequenzraumes von einer Elek- trode E aufgefangen. Am Eingang F des Hohlleiters wird die zu verstärkende Hochfrequenzleistung eingekoppelt und die verstärkte Hochfrequenzleistung kann am Ausgang G des Wechselwirkungsraumes abgenommen werden.

Aus der in Bild 2 schematisch dargestellten Feldvertei- lung im Hohlleiter, die weitgehend mit der im Magnetron übereinstimmt, läßt sich das Zustandekommen der Verstär-

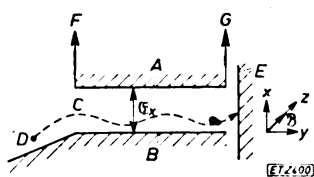


Bild 1. Schematischer Querschnitt durch eine idealisierte Wanderfeldröhre.

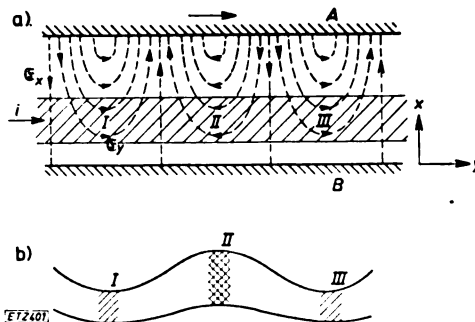
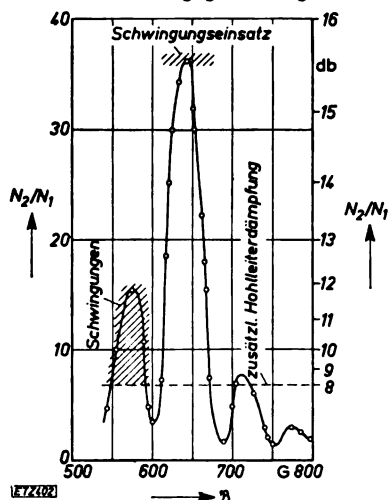


Bild 2. Schematische Darstellung der Wechselwirkung zwischen der Elektronenströmung und dem elektromagnetischen Feld. a) Feldverteilung im Hochfrequenzraum, b) Verformung der Elektronenströmung durch das elektromagnetische Feld.

kerwirkung leicht erklären. Der in Achsrichtung mit der Geschwindigkeit  $v_y = \mathcal{E}_x / \mathcal{B}$  in den Hochfrequenzraum eintretende Elektronenstrom  $i$  besitzt durch entsprechende Wahl der Betriebsspannungen die gleiche Geschwindigkeit wie die im Hohlleiter auftretende elektromagnetische Welle. Infolge des magnetischen Querfeldes erfahren die zwischen I und II befindlichen Elektronen durch das zur Anode gerichtete Querfeld  $\mathcal{E}_x$  eine Beschleunigung in Achsrichtung, während die zwischen II und III sich aufhaltenden Elektronen wegen des hier zur Kathode gerichteten Querfeldes in Achsrichtung verzögert werden, so daß die bei jeder Laufzeitperiode erforderliche Paketbildung der Elektronen an der Stelle II vorhanden ist. Infolge des hier auftretenden, die Elektronen abbremsenden Längsfeldes  $\mathcal{E}_y$  findet auch die für die Verstärkerwirkung erforderliche Energieabgabe statt, bei der die sich in Achsrichtung mit der Eintrittsgeschwindigkeit  $v_y$  weiterbewegenden Elektronen zur Anode hin abgelenkt werden. Da im Gegensatz hierzu an den Stellen I und III als Folge des beschleunigenden Längsfeldes die Elektronen zur Kathode hin abgelenkt werden, erfährt der Elektronenstrahl durch die Wechselwirkung mit dem fortschreitenden elektromagnetischen Feld die in Bild 2b prinzipiell dargestellte Verformung.

Der wesentliche Unterschied in der Arbeitsweise der neuen Anordnung im Vergleich mit der Wanderfeldröhre liegt darin, daß zur Energieabgabe der Elektronen nicht ein Unterschied zwischen der Phasengeschwindigkeit des elektromagnetischen Feldes und der Elektronengeschwindigkeit erforderlich ist, sondern daß infolge des magnetischen Querfeldes bei Gleichheit dieser beiden Geschwindigkeiten eine Energieabgabe mit sehr hohem Wirkungsgrad möglich ist.

Versuche haben gezeigt, daß es zur Vermeidung einer Selbsterregung der Röhrenanordnung erforderlich ist, in den Hohlleiter konzentriert oder verteilt angeordnete Dämpfungsglieder einzufügen. Die Herabsetzung des hohen elektronischen Wirkungsgrades hierdurch muß wegen der Stabilitätsforderung in Kauf genommen werden. Immerhin konnte noch ein Gesamtwirkungsgrad bis zu 40% gemessen werden. Aus Bild 3 erkennen wir die Abhängigkeit des Leistungsverhältnisses  $N_2/N_1$  vom Magnetfeld  $\mathcal{B}$ . Dabei stellt  $N_1$  die am Hohlleiterausgang entnommene Hochfrequenzleistung ohne Elektronenströmung und ohne Dämpfungsglied dar und  $N_2$  entspricht der Hochfrequenzleistung im Betrieb der Röhre, so daß der Quotient  $N_2/N_1$  den im Hochfrequenzraum auftretenden Leistungsgewinn angibt. Unmit-



$N_1$  = Ausgangsleistung ohne Elektronenstromung  
 $N_2$  = Ausgangsleistung mit Elektronenstromung.

Bild 3. Das Leistungsverhältnis  $N_2/N_1$  in Abhängigkeit vom Magnetfeld  $\mathcal{B}$ ; Wellenlänge 23 cm.

telbar vor dem Einsetzen der Schwingungen ergibt sich  $\mathcal{B} = 635$  G eine maximale Leistungsverstärkung  $N_2/N_1$  15,5 db. Um den wirklichen Leistungsgewinn der Röhre bei der Verstärkung zu erhalten, ist dieser Wert jedoch um die im Hohlleiter zusätzlich angebrachte Dämpfung 8 db zu verringern. Aus der Darstellung folgt, daß die Einstellung des Magnetfeldes sehr kritisch ist. Das Zustandekommen des im Gebiet  $\mathcal{B} = 580$  G auftretenden Kleinschwinggebietes ist noch nicht geklärt. Es wurde bei einer Wellenlänge von 23 cm gemessen, der Hohlleiter war 2 cm lang und der Elektronenstrom betrug 55 mA. Die Betriebsbreite ergab sich für die verschiedensten Versuchsröhren 100 ... 150 MHz; die größte Ausgangsleistung betrug annähernd 200 W. Größere Ausgangsleistungen konnten weder Begrenzung des Elektronenstromes durch die Raumladung nicht erreicht werden.

Durch Weiterentwicklung der klassischen Barkhausen-Bremsfeldröhre [3] ist eine Laufzeitröhre entstanden, die als Hochfrequenzgenerator bei einer Leistungserzeugung von 0,1 ... 1 W durch Verstimmen eines die Elektronen umgebenden Hohlraumresonators ein Wellenlängengebiet von 4,2 ... 12 cm stetig überstreicht. Ein mit der Röhre aufgebauter Generator ersetzt daher trotz des schlechten Wirkungsgrades der Bremsfeldröhren eine Reihe anderer Sender und ist als idealer Meßgenerator zu benutzen.

Diese günstigen, bisher nicht erreichten Anfangsbedingungen treten auf, wenn die Bremsfeldröhre konstruktiv so ausgebildet wird, daß ein stark konzentrierter Elektronenstrahl und eine hohe elektrische Feldstärke vorhanden sind. Die Elektronenkonzentration wird durch eine besondere Elektronenkanone erreicht, deren günstigste Messungen experimentell gefunden wurden. Die Stromdichte wird durch diese Anordnung an der engsten Stelle des Strahles auf das 230fache der Stromdichte an der Kathodenoberfläche verstärkt, deren emittierender Teil als Elektrode mit einer Oberfläche von 4,65 cm<sup>2</sup> ausgebildet ist. Bei einer Beschleunigungsspannung von 1000 V beträgt der in den Hohlraumresonator eintretende Elektronenstrom 140 mA, so daß die spezifische Belastung der Kathodenoberfläche unter 40 mA/cm<sup>2</sup> bleibt und dadurch sowohl eine einfache Herstellung als auch eine große Lebensdauer der Röhre gegeben ist. Die erforderliche Feldkonzentration ergibt sich durch eine Elektrodenanordnung in Form besonders weicher Hohlraumresonator hineinragender Spitzen, in deren Umgebung bekanntlich ein Vielfaches der zwischen flachen förmigen Elektroden auftretenden Feldstärke vorliegt. Der Elektronenstrahl wird durch das zwischen den Spitzen befindliche Feld geführt und die Schwingungsanfertigung dauert so lange, bis bei einer Frequenzänderung durch Bewegung des zylindrischen Abstimmstempels des Hohlraumresonators — insgesamt 2,5 mm innerhalb des gesamten Stimmbereiches — die Feldkonzentration abnimmt.

Im Hinblick auf die verhältnismäßig einfache Konstruktion der Röhre dürfte eine Schwingungserzeugung bis auf zu Frequenzen von 15 000 MHz möglich sein.

#### Schrifttum

- [1] R. R. Warnecke, W. Kleen, A. Lerbs, O. Dämm, H. Huber: The magnetron-type travelling-wave amplifier. Proc. Inst. Radio Engrs. 38 (1950) S. 486; 10 S., 10 B.
- [2] Vgl. H. Frücke: Überblick über Aufbau und Wirkungsweise Laufzeitröhren. ETZ 71 (1950) S. 421 u. 485.
- [3] O. Heil u. J. J. Ebers: A new wide-range, high-frequency generator. Proc. Inst. Radio Engrs. 38 (1950) S. 645; 6 S., 13 B.

DK 621.312 (431.5)

### Berliner Elektrozahlen

Wie der Senat der Stadt Berlin mitteilte, betrug der Bruttostromverbrauch von Berlin-West im April d. J. 87,1 Mio. kWh (gegenüber 98,6 Mio. kWh im März).

Die Lieferwerte der West-Berliner Elektroindustrie erhöhten sich im April um 7,9 Mio DM auf 60,5 Mio. DM. Die Zahl der in der Elektroindustrie beschäftigten Personen stieg auf rd. 59 700, die monatliche Leistung je Beschäftigten auf über 1000 DM. Hierfür war außer einer allgemeinen Er-

höhung der Preise besonders die durch Investitionen bedingte starke Rationalisierung entscheidend. Der gesteigerte erhöhte Exportanteil der Elektroindustrie betrug 55% des Gesamtexportes der Berliner Industrie und fast 13% des Gesamtumsatzes der Berliner Elektroindustrie.

Im Rundfunkgeschäft trat beim Handel ein weiterer Umsatzrückgang ein, der teilweise bis zu 40% betrug. Auch zahlungsgeschäfte entfielen 80 ... 90% aller Rundfunkkäufe. Die tägliche Glühlampenfertigung betrug 100 Millionen Allgebrauchs- und Sonderlampen.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.151.003.1

**Wirtschaftlicher Vergleich zwischen verschiedenen Maßnahmen zur Stabilisierung der Kraftübertragung über große Fernleitungen.** [Nach J. Herlitz u. N. Knudsen: Cigre-Ber. 1950, Nr. 324; 15 S., 5 B.]

Um die Stabilität der Kraftübertragung über längeren großen Länge zu erhöhen, werden neuerdings möglichst niedrige Übertragungsreaktanzen durch Kurzschluß-Schnellchaltung vor allem 1. Reihen-kondensatoren, 2. veränderl. Reaktanzen mit veränderlichen Parallelwiderständen, 3. Synchron-Phasenschieber, 4. Schnellerregung verwendet!

Damit zwischen Übertragungsleistung und stabilisierender Blindleistung eine einfache, nämlich lineare Beziehung

hergeleitet, legt der Bericht den folgenden Betrachtungen relationale stabilisierende Blindleistungen zugrunde. Mit den Bezeichnungen nach Bild 1 beträgt die übertragbare Leistung  $P = E_1 E_2 x^{-1} \sin \gamma = E_1 E_2 y \sin \gamma$ .

Ist  $P_0$  die zu einem bestimmten Zeitpunkt übertragene Leistung,  $P = P_0 + \Delta P$  die um den Belastungszuwachs  $\Delta P$  erhöhte Leistung und  $Q$  die stabilisierende Blindleistung, so gilt  $\Delta P/P_0 = \Delta E_i/E_{i0}$ ,  $\Delta P/P_0 = \Delta Y/Y_0$ ,  $\Delta P/P_0 = k Q/P = k [P_0 + \Delta P]$  oder  $\Delta P/Q = k P_0/P$  und (s. Bild 2)  $Q = 1/k [P - P_0]$ . Für kleine Werte von  $\Delta P$  ist  $\Delta P/P_0 \approx k Q/P_0$ , somit  $k \approx Q/P_0$ , d. h. der Gewinn an übertragbarer Leistung ist annähernd proportional der stabilisierenden Blindleistung. Mit diesen k-Werten und den Beschaffungskosten je kVA Statorleistung werden die genannten 4 Maßnahmen zur Stabilitätsverbesserung wirtschaftlich verglichen.

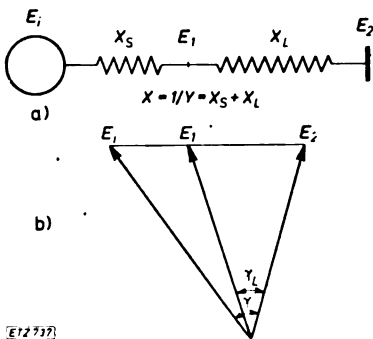


Bild 1. Schema einer Kraftübertragung. a) E-, x- und y-Werte, b) Zeigerdiagramm der Spannungen.

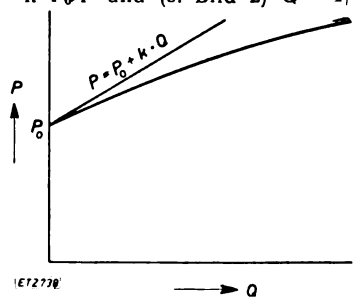


Bild 2. Abhängigkeit der übertragbaren Leistung von der stabilisierenden Blindleistung.

Bei Verwendung von Reihen-kondensatoren ergibt sich  $k_c = E^2/PX_e$ ; für mittlere Verhältnisse (Kompensationsgrad der Leitung etwa 20%) beträgt  $k_c$  im Durchschnitt 1,25 (für mittlere Reihen-kondensatoren kompensierte schwedische 200 kV-Stadtsforsen — Hallsberg<sup>2</sup> 1,42). — Für veränderliche Reaktanzen  $X_s$  (s. Bild 1) ist  $\Delta E_i = X_s E_e X_e$ ,  $Q_e = X_e E_e$ ,  $P = E^2/X$  und, für  $E_{i0} \approx E_e \approx E$ ,  $\Delta E_i/E_{i0} = X_s/X Q_e/P$ , so daß  $k_e = X_s/X$ . Somit beträgt  $k_e$  einen Bruchteil von  $k_c$  und liegt praktisch bei 0,2 ... 0,45. Die k-Werte von Synchron-Phasenschiebern betragen für übliche Verhältnisse  $k_s = 0,375$  für  $Q/C_n = 1$  und  $k_s = 0,25$  für  $Q/C_n = 0,5$  ( $C_n$  = Nennleistung,  $Q$  = abgegebene Leistung der Phasenschieber). — Die bekannte Schnell- oder Schnellerregung der Generatoren ergibt, entscheidend beeinflusst durch die Zeitkonstanten der Erregermaschinen und Erregeratoren, k-Werte von  $k_m = 20 f \dots 40 f$ ; dabei ist  $f = \Delta E_i/E_{i0}$  der Gang der Generatorenspannung  $E_i$  nach  $t_s$  als Funktion  $E_i = E_{i0} (1 - e^{-t/T_m})$  ( $T_m$  = Zeitkonstante der Erregermaschine).

Vgl. auch ETZ 50 (1929) S. 970 u. S. 985, 60 (1939) S. 565, 63 (1942) S. 5; Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 752; Z. VDI 85 (1941) S. 713; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 262, 57 (1939) S. 145, 62 (1944) S. 9; Rev. gén. Electr. 51 (1942) S. 395; Cigre-Ber. 1939 Nr. 337; Engng. 60 (1941) S. 168; Rev. SW (1949) S. 12; Ingenieuren 47 (1949) S. E 83; Tekn. T. 67 (1937) S. 128. Vgl. auch Asea-J. 23 (1950) H. 56; Cigre-Ber. 1950 Nr. 324; Tekn. (1949) S. 91.

Tafel 1. k-Werte.

Reihen-kondensatoren	$k_c = 1,25$
veränderl. Reaktanzen	$k_l = 0,2 \dots 0,45$ $k_l : k_c = 0,16 \dots 0,36$
Synchron-Phasenschieber	$k_s = 0,25 \dots 0,375$ $k_s : k_c = 0,2 \dots 0,3$
Schnellerregung	$k_m = 20 f \dots 40 f$ $k_m : k_c = 16 f \dots 32 f$

Division der Werte  $k_l$ ,  $k_s$  und  $k_m$  durch  $k_c$  (s. Tafel 1) und Multiplikation der so erhaltenen Quotienten ( $k_l, s, m/k_c$ ) mit dem auf Reihen-kondensatoren bezogenen kVA-Beschaffungspreis (einschl. kapitalisierten Verlusten) der verschiedenen Verfahren ergibt unmittelbar den gesuchten wirtschaftlichen Vergleich. Dabei zeigt sich an Hand der bekannten spez. Beschaffungskosten, daß der Reihen-kondensator den anderen Maßnahmen, ausgenommen die Schnellerregung, weit überlegen und gegenwärtig das wirtschaftlichste Mittel zur Stabilitäts-erhöhung ist. Schnellerregung mit Gleichrichtern ( $f = 1$ ) ist nur wenig unwirtschaftlicher, sollte aber nicht an Stelle von Reihen-kondensatoren, sondern zusätzlich zu diesen angewendet werden. Die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes stimmen mit den Ansichten auch der deutschen Fachleute überein. SchA

DK 621.311 (497.1)

**Dampfkraftwerk Skopje.** [Nach E. Höfler: Elektrotechn. Vestnik 18 (1950) S. 249; 5 S., 7 B.]

Kürzlich wurde die Thermozentrale Skopje fertiggestellt, die zu den modernsten Dampfkraftwerken Jugoslawiens gehört. Sie ist mit 2 Drehstromgeneratoren von je 3750 kVA ausgerüstet,  $\cos \varphi = 0,75$ ,  $n = 3000$  U/min,  $U = 6300$  V. Die Generatoren arbeiten unmittelbar auf das 6 kV-Stadt-netz von Skopje. Dabei sind AEG-Hartgasschalter eingebaut.

Als Besonderheit der Anlage gilt die Magnetisierungsschaltung zum Erregergenerator, bei der gegeneinander ver-setzte Widerstände in den Stromkreis eingeschaltet werden. Die Schutzvorrichtungen für die Generatoren bestehen aus 1. gewöhnlichen Schutzvorrichtungen, 2. Strom-schutzvorrichtungen, 3. Differentialrelais, 4. Erdschlußschutz im Stator. Der Erdungswiderstand beträgt 360  $\Omega$ , der Erdschlußstrom 10 A, und unter Berücksichtigung des ange-schlossenen Blindverbrauches 13 A.

Weiter ist ein automatischer Synchronisier-Mechanismus vorhanden. Die Kommandobrücke ist durch eine Glas-wand vom Maschinenraum getrennt; das bringt allerdings den Nachteil mit sich, daß die Störgeräusche der Maschinen nur durch Telefonverbindung überwacht werden können. R/Hi

DK 621.316.57

**Relaischutz von Hochspannungsleitungen in den USA.** [Nach E. L. Harder u. W. E. Marter: Cigre-Ber. 1950, Nr. 336; 23 S., 6 B.]

Der Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklung der Relais-schutz-einrichtungen für Hochspannungs-netze in den USA während der letzten 10 Jahre. Die Entwicklung ist gekennzeichnet durch die Anwendung von Vergleichs-schutz-systemen mit Schnellrelais, die gewöhnlich bei kurzen Lei-tungen über Hilfsleitungen und bei langen Leitungen mit Trägerfrequenz arbeiten, durch den weitgehenden Gebrauch der ein- und dreiphasigen Schnellwiedereinschaltung sowie durch Fortschritte in der Erfassung von Erdfehlern und in der Ausbildung von Reserveschutz-einrichtungen und von Schutzsystemen für Ausläuferleitungen. Hochspannungs-leitungen großer Länge können nunmehr auch bei Schwachlast bis zur Stabilitätsgrenze einwandfrei geschützt werden. Wichtige Fernleitungen erhalten grundsätzlich, meist in Verbindung mit der Schnellwiedereinschaltung, einen Vergleichs-schutz, dem als Reserveschutz gewöhnlich ein Schnelldistanzschutz mit einstellbarer stufenförmiger Kennlinie überlagert wird. Beide Schutzsysteme werden allgemein als die brauchbarsten Schutz-einrichtungen für komplizierte Netze angesehen. Die Schutz-einrichtungen werden meist in ein-



jährigem Turnus geprüft, wobei eine Primärprüfung durch Einbeziehen der Wandler bevorzugt wird.

Die Fortschritte der Schutztechnik basieren auf Verbesserungen in der Konstruktion der Relaisbausteine, deren charakteristische Eigenschaften für die Überstrommagnete, polarisierten Gleichstromrelais, Wechselstrom-Richtungsrelais und Impedanz- oder Reaktanzmeßwerke mitgeteilt werden, und in den angegebenen Schaltungen zur Messung der symmetrischen Komponenten und zur selektiven Erfassung von Erdfehlern. Von der in Deutschland zunehmend geübten Praxis, zahlreiche Aufgaben der Selektivschutztechnik mit Gleichstrom-Drehspulrelais mit Gleichrichtern<sup>1</sup> zu lösen, wird in Amerika offenbar wenig Gebrauch gemacht. Die stufenförmigen Distanzschutzsysteme (Impedanz und Reaktanz) haben in der 1. Zone (90% der zugehörigen Leitungsstrecke) Auslösezeiten von einer Periode, die sich in den beiden folgenden Zonen (bis zu den Mitten der folgenden Leitungsstrecken) um die notwendigen Staffelzeiten vergrößern, wobei die Auslösekontakte der 2. Stufe und des meist vorhandenen Vergleichsschutzes gewöhnlich parallel geschaltet sind. Der Schnellreaktanzschutz mit vierpoligem Reaktanz-Induktionsmeßwerk (Ohm-Element) wird durch ein zusätzliches Impedanzmeßwerk (Mho-Element) an Fehlauflösungen bei Schwachlast und Netzpendelungen verhindert und zum selektiven Erdschutz durch ein Stromrelais ergänzt, das auf den Erdschlussstrom oder das Gegenstromsystem anspricht und die jeweils richtige Spannung für das Reaktanzrelais auswählt. In vielen Fällen besteht der Erdschutz nur aus einem unverzögerten Stromrelais; diese Relais erhalten genügend hohe Ansprechwerte, und ihre Auslöseleitungen werden über Hilfskontakte an den Schaltern geführt, um Fehlauflösungen bei Sammelschienenfehlern oder beim ungleichzeitigen Öffnen der Schalterpole zu vermeiden, oder man verwendet zusätzliche Relais, die auf die restliche Erdschlussspannung ansprechen oder in Verbindung mit dem Erdschlussstrom richtungsempfindlich sind, und bei Ausläuferleitungen Wandler mit hoher Nullimpedanz oder im Falle vorhandener Hilfsleitungen Blockierungsschaltungen. Die Vergleichsschutzsysteme arbeiten entweder mit einem Phasenvergleich der Ströme am Anfang und Ende der geschützten Leitungsstrecke, was den Schutz von anderen Schutzsystemen unabhängig und gegen Fremdbeeinflussung unempfindlich macht, oder mit einem Leistungsrichtungsvergleich, wodurch sich der Schutz an beliebige Netzgestaltungen gut anpaßt und auch für Ausläuferleitungen leicht ausführen läßt.

Der Reserveschutz wird bei Leitungen mit Distanzschutz in den Fällen, in denen der Schutz der vorgeordneten Leitungsstrecken infolge der Netzeigenschaften (variabler Leistungseinsatz und lange Leitungen) nicht als Reserve wirken kann, häufig durch Stromrelais gebildet; sie sprechen beim Versagen des Schutzes der fehlerbehafteten Leitung an und lösen meist sämtliche Leitungsabgänge ohne Selektivität verzögert aus. Dagegen erhalten Leitungen mit Vergleichsschutzsystemen als Reserveschutz häufig zusätzliche Auslöserelais, deren Arbeiten vom Zustand der Hilfsleitungen oder vom Empfang der Trägerfrequenz abhängig ist.

ESch

DK 621.316.3.064.33

**Die Entionisationsdauer bei Lichtbogen-Überschlägen an Isolatoren.** [Nach A. C. Boisseau, B. W. Wymann u. W. F. Skeats: Cigre-Ber. 1950, Nr. 135; 14 S., 5 B., 1 Taf.]

Die Verfasser berichten über Entionisierungszeiten bei Lichtbogen-Überschlägen an Isolatorenketten auf Grund von Laboratoriumsversuchen bei der General Electric (USA) und beurteilen hiernach die notwendigen Unterbrechungszeiten zum einpoligen Kurzschluß-Fortschalten bei Hochspannungsleitungen und die Grenzen in der Anwendung der Schnellwiedereinschaltung.

Die Versuche zur Ermittlung der Entionisierungszeiten wurden ausgeführt mit Kurzschlußströmen im Lichtbogen bis 25 kA und mit wiederkehrenden Spannungen bis 132 kV bei Windgeschwindigkeiten von meist 8 km/h; sie erfolgten in Kunstschaltungen mit getrennten Strom- und Spannungsquellen

an Isolatorenketten mit 5, 10 und 15 Gliedern für Drehstromnetze mit Spannungen von 69, 138 und 230 kV (100% Wiederkehrspannung). Nach Abschalten der Lichtbogen-Kurzschlüsse, deren Zeitdauer meist 0,05 s betrug, wurden die

Wiederkehrspannungen gewöhnlich im Scheitelpunkt (Synchronschalter) zugeschaltet innerhalb zunehmender Zeitintervalle bis zum Wiederaufbau des Lichtbogens. Außerdem wurden die Einflüsse der Restströme über Nebenwiderstände der abschaltenden Leistungsschalter (50 A, Zeitdauer 0,08 s) und über die kapazitive Kopplung der abgeschalteten Leitung mit benachbarten Leitungen bis zu einer Länge von 480 km (35 A kapazitiv) festgestellt.

Die Entionisierungszeiten liegen bei Überschlägen über Restströme allgemein unter 0,2 s; sie nehmen nach Bild 3 mit steigender Kurzschlußdauer (230 kV, 8 kA) ab und nach Bild 4 mit wachsendem Kurzschlußstrom bis zu 8 kA unabhängig von der Netzspannung zu, während sie oberhalb dieses Stromes bei der Spannung 230 kV weiter ansteigen, bei der Spannung 138 kV konstant bleiben und bei der Spannung 69 kV wieder abnehmen. Die einpolige Kurzschluß-Fortschaltung erfordert daher bei großen Kurzschlußströmen Unterbrechungszeiten von etwa 0,2 s, so daß die in der amerikanischen Praxis vorgeschriebene Zeit von 1/3 s reichlich bemessen ist.

Die Nebenwiderstände der Leistungsschalter scheinen die Gesamtdauer der Schnellwiedereinschaltung bei niedrigen Spannungen nicht zu vergrößern, ebenso auch nicht bei höheren Spannungen im Falle kurzer Leitungen. Bei längeren Höchstspannungsleitungen erhöht sich diese Zeit durch die Restströme auf Beträge bis zur vollen Zeitdauer ihres Bestehens; jedoch scheint die Schnellwiedereinschaltung auch hier bei möglichst gleichzeitigem Schließen der Schalter an den beiden Leitungsenden noch durchführbar zu sein infolge der dämpfenden Wirkung der Netz- oder Vorwiderstände (Verringerung der Überspannungen).

Die größten Erschwernisse für das einpolige Kurzschluß-Fortschalten einer Leitung stellen die Kapazitätsströme infolge ihrer Kopplung mit benachbarten Leitungen dar. Zu wird die Zeit des Schnellwiedereinschaltens durch die kapazitive Beeinflussung zwischen zwei Leitungssystemen (Doppelleitung) auf gleichem Gestänge nur unwesentlich um 1/2-2 Perioden vergrößert. Jedoch nehmen bei einer langen 220 kV-Leitung die notwendigen Unterbrechungszeiten für die einpolige Abschaltung durch die Kapazitätsströme in die beiden unter Spannung bleibenden Phasen ganz beträchtlich um mehr als 0,5 s zu; das einpolige Kurzschluß-Fortschalten läßt sich daher bei langen Höchstspannungsleitungen in vertikaler Anordnung kaum und in horizontaler Anordnung begünstigt durch Erdseile, nur bei vergrößerten Phasenständen durchführen.

ESch

DK 621.316.722

**Kondensator-Spannungsstabilisatoren.** [Nach Skanavi und Nejmán: Elektritschestwo, Juli 1949, S. 45.]

Die bisher verwendeten Spannungsstabilisatoren wurden bisher auf dem Ferroresonanzprinzip aufgebaut. Durch die in den letzten Jahren entwickelten Isolierstoffe der Dielektrizitätskonstante vom Spannungsgradienten abhängig ist es möglich, andere Schaltungen zu entwickeln, die denselben Zweck erfüllen und eine Reihe von Vorteilen aufweisen. Die beiden Autoren Skanavi und Nejmán beschreiben eine derartige Schaltung und geben ein eingehendes Versuchsergebnis bekannt. Verwendet wurden in diesen Versuchen ein Isolierstoff aus Beryllium-Titanat mit geringen Zusätzen zur Verbesserung der dielektrischen

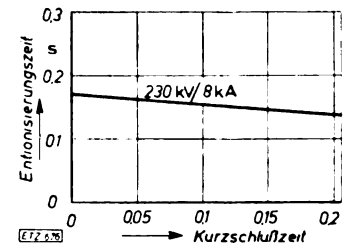


Bild 3. Entionisierungszeiten bei verschiedener Kurzschlußdauer.

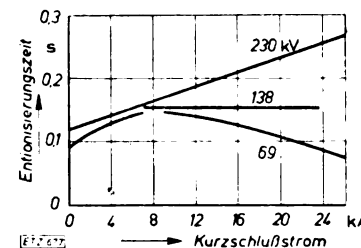
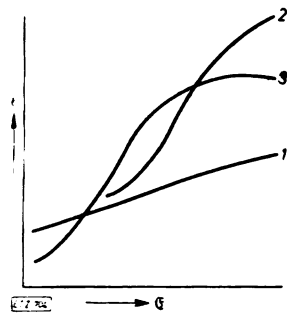
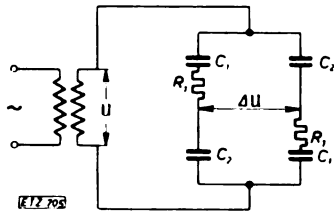


Bild 4. Entionisierungszeiten bei verschiedenen Kurzschlußströmen.

<sup>1</sup> H. Neugebauer: ETZ 71 (1950) S. 389.

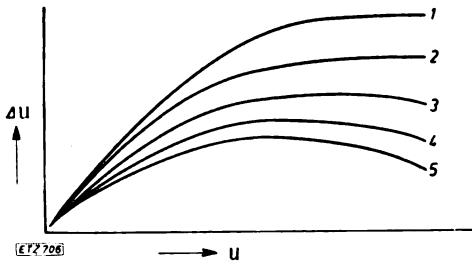


**Bild 5.** Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten vom Spannungsgradienten.  
 1 ohne Zusatz  
 2 mit 0,5% Zusatz  
 3 mit 1,5% Zusatz



**Bild 6.** Grundschaltung des Kondensator-Spannungsstabilisators.

genschaften. Bild 5 zeigt den Verlauf der Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  in Abhängigkeit vom Spannungsgradienten. Bild 6 zeigt die endgültige praktisch brauchbare Schaltung des Spannungsstabilisators. Wie ersichtlich, handelt es sich um eine einfache Brückenschaltung, bei der zwei normale Kondensatoren ( $C_1$ ) und zwei Beryllium-Titanat-Kondensatoren ( $C_2$ ) verwendet werden. Der Verbraucher wird mit der Brückenspannung  $\Delta U$  gespeist. Diese Spannung, die nichts anderes ist als die Differenzspannung der beiden Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$ , ist in Bild 7 gezeichnet. Sie ist bei passender Wahl der Kondensatoren innerhalb eines großen



**Bild 7.** Abhängigkeit der Verbraucherspannung  $\Delta U$  von der Speisespannung.

Spannungsbereiches der Speisespannung  $U$  praktisch konstant. Der im Schaltbild gezeigte Widerstand  $R_1$  ist ein Korrektionswiderstand, der die Aufgabe hat, die durch die beträchtlichen Verluste des Beryllium-Titanat-Kondensators verursachte Phasenverschiebung praktisch unschädlich zu machen. Versuche mit einer vereinfachten Schaltung, bei der die beiden Kondensatoren in Reihe liegen und die Verbraucherspannung direkt vom Kondensator  $C_1$  abgenommen wird, liefen negativ aus, indem sowohl bei Leerlauf als auch bei Belastung in dieser Schaltung störende Labilitätserscheinungen aufgetreten sind. Das Hauptanwendungsgebiet des neuen Spannungsstabilisators dürfte die Meßtechnik sein. Der neue Stabilisator ist einfach, billig und gut ausnutzbar. Die Frequenzabhängigkeit ist sehr gering, so daß die Anwendung in der Hochfrequenztechnik besonders aussichtsreich erscheint. Die Verzerrung der Verbraucherspannung ist ungefähr dieselbe wie beim Ferroresonanzstabilisator.

*JKo*

**Meßgeräte und Meßverfahren**

DK 621.317.321

**Die annähernd verlustlose Messung von Gleichspannungen durch Umformen in Wechselspannungen.** [Nach H. H. Rust: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 290; 4 S., 6 B.]

Es wird ein Verfahren zur Messung von Gleichspannungen beschrieben, bei dem die zu messende Spannung zur elektrischen Polarisierung eines Kondensatormikrophons dient. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in einem außerordentlich hohen Eingangswiderstand, wodurch praktisch verlustlos gemessen werden kann. Das von Rust und Endesfelder<sup>1</sup> früher angegebene Verfahren verwendet statt des Kondensatormikrophons ein Kohlemikrophon. Die Spannungsempfindlichkeit ist hierbei wesentlich größer (unter  $10^{-6}$  V), es lassen sich jedoch nur Spannungsquellen mit einem verhältnismäßig geringen inneren Widerstand messen, da der Meßgerätwiderstand nur etwa  $10^2 \dots 10^3 \Omega$  beträgt. Der Aufbau unter Verwendung eines Kondensatormikrophons

läßt sich mit einfachen, meist im Laboratorium vorhandenen Mitteln durchführen und stellt so eine vielseitig anwendbare Meßeinrichtung (besonders zur Messung elektrischer Spannungen biologischer Objekte) dar. Die kleinste meßbare Spannung liegt bei Verwendung eines aperiodischen Verstärkers bei  $10^{-2}$  V, mit einem selektiven Verstärker läßt sich die Spannungsempfindlichkeit beträchtlich steigern. Auch pulsierende Gleichspannungen, deren Pulsationsfrequenz sich beliebig zwischen Null und einer Frequenz, die unterhalb der Betriebsfrequenz der Meßeinrichtung liegt, können erfaßt werden. Der Spannungsmesser am Verstärkerausgang muß hierbei natürlich genügend trägheitsfrei arbeiten, wie z. B. eine Kathodenstrahlröhre.

Der Aufbau geht aus Bild 8 hervor. Der vom Generator G mit konstanter Frequenz und Amplitude betriebene Schallgeber S (z. B. ein dynamischer Lautsprecher) beschallt das an den Verstärker V angeschlossene Kondensatormikrophon. Die hier gezeigte Niederfrequenzschaltung eines Kondensatormikrophons nach W e n t e<sup>2</sup> erfordert eine Polarisierungsspannung. Hierfür wird die zu messende Gleichspannung  $U_x$  verwendet. Man legt sie über einen Polarisierungswiderstand  $R_p$  an die Elektroden des Kondensatormikrophons und die so in Wechselspannung umgeformte Gleichspannung kann dann am Verstärkerausgang mit einem Wechselspannungsmesser ermittelt werden. Die Betriebsfrequenz des Generators ist so zu wählen, daß sie oberhalb der Pulsationsfrequenz der zu messenden Gleichspannung bleibt, wobei man zweckmäßig noch darauf achtet, daß das System Schallgeber-Mikrophon-Verstärker bei konstanter Schalleistung die geringste Dämpfung aufweist. Die Schalleistung hat sich nach der Polarisierungsspannung (der zu messenden Gleichspannung  $U_x$ ) zu richten. Sie muß bei größeren Spannungen  $U_x$  kleiner gewählt werden, damit keine Übersteuerung der ersten Verstärkerstufe auftreten kann. Um das Übersetzungsverhältnis zwischen der zu messenden Gleichspannung  $U_x$  und der Verstärkerausgangsspannung möglichst groß zu machen, ist es zweckmäßig, die Amplitude der beweglichen Elektrode des Kondensatormikrophons bis zum maximal erreichbaren Wert zu steigern.

Um eine technisch brauchbare Meßeinrichtung zusammenzustellen, kann man nach der Methode von Dorsman<sup>3</sup> (elektrodynamisch bewegte Elektrode) vorgehen oder indem man Resonanzschallgeber mit hoher Frequenzkonstanz vorsieht, wobei die Selektion des Verstärkers sehr weit getrieben werden kann. Als Resonanzschallgeber kommen bis zu einer Frequenz von  $10^4$  Hz über eine Röhre rückgekoppelte Stimmgabeln aus Stahl oder wenn die Pulsationsfrequenz des zu messenden Gleichstroms zwischen Null und einem Wert höher als  $10^4$  Hz liegt, magnetostriktive Ultraschallgeber in Frage. Ultraschall als Betriebsfrequenz hat den Vorteil der Unhörbarkeit und der einfacheren Gestaltung der Selektionsmittel für den Verstärker. Eine sehr hohe Frequenzkonstanz läßt sich sowohl bei Stimmgabel als auch magnetostriktivem Ultraschallgeber durch Verwendung eines Stahles mit niedriger innerer Reibung und kleinem Temperaturkoeffizienten der linearen Ausdehnung und des Elastizitätsmoduls erreichen. Sehr frequenzkonstante Schallgeber dürfen allerdings nur mit kleiner Amplitude betrieben werden; um trotzdem genügende Kapazitätsänderung zu erhalten, wird die Verwendung von Bariumtitanat ( $\epsilon_r > 1000$ ) als Kondensatordielektrikum vorgeschlagen.

*Ru*

DK 621.317.72.029.6

**Ein Thermoinstrument zur Messung kleiner Hochfrequenzspannungen.** [Nach N. Coulson: Proc. Inst. electr. Engrs. III, 97 (1950) S. 344; 5 S., 4 B.]

Während die Erzeugung kleiner Hochfrequenzspannungen in der Größenordnung von einigen Millivolt mit eichbaren Abschwächern oder Spannungsteilern heute kein Problem mehr darstellt, kann die Meßtechnik für derart kleine Spannungen noch keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden, vor allem im Hinblick auf die in der Praxis erforder-

<sup>1</sup> E. C. Wente: Phys. Rev. 10 (1917) S. 39.  
<sup>2</sup> C. Dorsman: Philips techn. Rdsch. 7 (1942) S. 24.

<sup>1</sup> H. H. Rust und H. Endesfelder: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 39. Ref. in ETZ 71 (1950) S. 376.

derliche Genauigkeit. Die bisher bekannten Meßgeräte zu diesem Zweck enthalten — vielfach in Verbindung mit einem Breitbandverstärker — Röhren oder Kristallgleichrichter, sind also in ihrer Anzeige wegen der nur angenähert quadratischen Kennlinie von der Wellenform abhängig; auch sind die Erfordernisse hoher Empfindlichkeit und guter Stabilität nur mit erheblichem Aufwand gleichzeitig zu erfüllen. Das nachstehend kurz besprochene mV-Meter, das ein Vakuumthermoelement als Meßwandler enthält und für Frequenzen bis zu etwa 100 MHz brauchbar ist, weist einen nach Grundprinzip und Aufbau neuen, erfolgversprechenden Weg. Belastet man einen Generator mit rein ohmschem Ausgangswiderstand der Reihe nach mit Wirkwiderständen verschiedener Größe, so besteht zwischen Strom und Spannung ein streng linearer Zusammenhang (vgl. Bild 9, Gerade AB). Nimmt man ihre Werte experimentell auf, so erhält man aus dem Schnittpunkt B der Geraden mit der Spannungsachse die EMK des Generators, aus dem Absolutwert der Neigung  $dV/dI$  den Ausgangswiderstand  $R_S$  des Generators. Legt man nun weiterhin vom Nullpunkt aus eine Gerade OC deren Neigung der jeweils angeschalteten Last  $R_L$  entspricht, so liefert der Schnittpunkt C den an  $R_L$  auftretenden Spannungsabfall. Bei der praktischen Ausnutzung dieser Zusammenhänge schaltet man an den vorgegebenen Generator ein empfindliches Vakuumthermoelement in Serien- oder

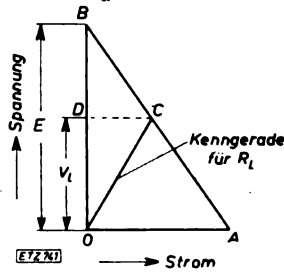


Bild 9. Zusammenhang zwischen Strom und Spannung.

100 und 200 MHz ließ sich ermitteln, daß für das Anwachsen des Meßfehlers mit steigender Frequenz angenähert ein 3/2-Potenzgesetz gilt. Während für einen rein ohmschen 70  $\Omega$ -Generator die Genauigkeit bis herauf zu 100 MHz besser als 1% ist, liegen die Werte für einen Generator mit 70  $\Omega/6\mu\text{F}$  folgendermaßen:

$f = 50 \text{ MHz}$	— 2 %
$f = 100 \text{ MHz}$	— 4,5%
$f = 200 \text{ MHz}$	— 10,0%

Störende thermoelektrische Effekte, die bei raschen und starken Änderungen der Umgebungstemperatur auftraten und ihre vermutliche Ursache in ungünstigen Lötungen innerhalb der Schaltung hatten, konnten durch Anschaltung eines 1000  $\Omega$ -Drahtwiderstandes an die Thermoelementklemmen beseitigt werden.

Elektrowärme

DK 621.343

**Grafitstab-Schmelzofen mit elektrischer Widerstandsheizung zum Schmelzen von Bronze.** [Nach P. Müller: Z. Metall. (1949) S. 381.]

Die Bauart, Zustellung und die elektrische Anlage von widerstandsbeheizten elektrischen Grafitstaböfen werden beschrieben und die Wirtschaftlichkeit und Eignung an Hand von Schmelzungen im 500 kg-Grafitstab-Schmelzofen, Bauart Junker, nachgewiesen.

Bei Ofeneinheiten bis 500 kg befindet sich der Heizstab in der Drehachse einer horizontal liegenden Trommel, die beim Ausgießen um die Drehachse gekippt und während des Einschmelzens geschwenkt werden kann. Bei größeren Öfen haben Mulde und Gewölbedeckel Kalottenform und der Heizstab liegt in der horizontalen Drehachse, um die gekippt werden kann. Bei den kleineren Einheiten besteht das Ofenfutter aus einer Spezial-Stampfmasse, beim 1000 kg-Ofen aus feuerfesten Formsteinen. Die betriebssichere Ausbildung der Kontakte kann als das wesentliche Kennzeichen dieser Ofenbauart bezeichnet werden. Durch den großen Heizstabquerschnitt wird die Arbeitsspannung so niedrig gehalten, daß keine gefährlichen Berührungsspannungen auftreten können. Die Stromdichte im Heizleiterquerschnitt beträgt bis zu 250 A/cm<sup>2</sup>, die Belastung rd. 150 W/cm<sup>2</sup> Staboberfläche. Widerstandsänderungen durch Stabverschleiß werden durch Schaltstufen des Ofentransformators ausgeglichen.

Der Ofen hat sich nicht nur zum Schmelzen von legiertem und weichem Stahl, Grauguß, glüh- und säurefestem Guß bewährt, sondern wird wegen des geringen Strom- und Elektrodenverbrauchs (z. B. je Charge von 370 kg Al-Br 90/10 135 ... 140 kWh entsprechend 365 ... 380 kWh/t; Grafitverbrauch 1 Stab für 2 ... 3 t Guß), des geringen Abbrands in der neutralen Kohlenoxydgas-haltigen Atmosphäre zunehmend verwendet. Auch für kleinere Chargen Leichtmetall ist der Ofen bei häufigem Legierungswechsel vorteilhaft. Stark zinkhaltige Legierungen scheiden allerdings vollkommen aus.

S-1

DK 621.345.97

**Dielektrische Trocknung feuchter Keramikmassen.** [Nach J. Martin: Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 314; 9 S., 4 B.]

Die Trocknung keramischer Massen hat Besonderheiten, da mit der Trocknung eine von außen nach innen zunehmende Verfestigung auftritt, durch die innere Spannungen in der Masse entstehen können. Deswegen liegt es nahe die dielektrische Trocknung mit Hochfrequenz anzuwenden über die eingehende Untersuchungen angestellt wurden. Bei der Trocknung feuchter keramischer Massen kann man im allgemeinen folgende drei voneinander scharf getrennte Temperaturbereiche feststellen, und zwar 30 ... 150 °C, wobei die freie Feuchtigkeit herausgetrieben wird, 400 ... 700 °C wobei die Verbindungsfeuchtigkeit entfernt wird, und 900 bis 1200 °C, wobei das Schmelzen beginnt.

Für eine günstige Trockengeschwindigkeit muß eine gute Tiefenwirkung im Trockenkörper erreicht werden, wozu ein gewisser Luftabstand zwischen Elektrode und Körper nicht unterschritten werden darf. Erprobt wurden verschiedene Elektrodenformen. Die Kreisringelektrode ergab die größte Wärmedichte; Kreisplattenelektroden sind jedoch universeller verwendbar. Eindeutig ergab sich eine Dreiteilung des ganzen Trockenvorganges in einen Anheizabschnitt, eine ungesättigte Oberflächentrocknung und einen Trocknungsabschnitt innerer Widerstände. Die gleichmäßige Trocknung ergibt einen steileren Temperaturanstieg. Die

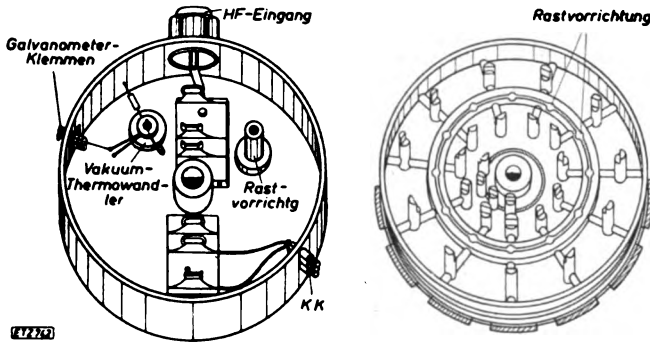


Bild 10. Das Innere des Thermo-Meßgerätes.

Parallelkombination mit hochkonstanten Wirkwiderständen verschiedener Größe, liest an einem Galvanometer die auftretenden Thermospannungen ab und zieht die graphische Darstellung von Bild 9 heran. Die Messung der einzelnen Wirkwiderstände sowie die Eichung des Galvanometers können mit Gleichstrom sehr genau durchgeführt werden. Bild 10 läßt einige technische Einzelheiten eines für dies Meßprinzip geeigneten Geräts erkennen: der weitgehend induktivitäts- und kapazitätsarme Drehturmschalter, mit dessen Hilfe die einzelnen Widerstandswerte schaltbar sind, hat 12 Stellungen, von denen eine der alleinigen Anschaltung des Thermowandlers (5 mA-Type) vorbehalten ist; der Schalter erlaubt ferner jeden Widerstand an den Anschlüssen KK mittels Brücke zu messen, ohne daß das konzentrische Generator-Speisekabel aus der hierfür vorgesehenen Anschlußdose entfernt werden muß. Die gesamte Schaltvorrichtung samt Thermowandler ist aus hochfrequenztechnischen Gründen sehr klein gehalten und in einer versilberten Messingdose untergebracht. Die Belastung aller 11 Widerstände (16,5 W-Type) liegt unter 2 mA, so daß keine nennenswerten Erwärmung beim Messen eintritt und vorzügliche Konstanz trotz Einbau in das kleine Gehäuse gewährleistet erscheint. Obwohl konstruktiv alle hochfrequenztechnischen Gesichtspunkte sorgfältig beachtet wurden, ergeben sich mit steigender Frequenz nicht mehr zu vernachlässigende Fehler. Vor allem trifft die bisherige Annahme, daß Generator und Last reine Wirkwiderstände sind, bei höheren Frequenzen nicht mehr zu. Da eine Genauigkeitsabschätzung mit normalen Methoden nicht befriedigen konnte, stellte der Verfasser eingehende Ersatzbildbetrachtungen für die Serien- und Parallelwiderstände der Schaltung an und brachte auf Grund durchgeführter Messungen mit Kapazitätsmeßbrücke und Schlitzleitung Verbesserungen an. Aus Messungen bei

ockengeschwindigkeit ist maßgebend für den Wärmever-  
auch.

Schließlich wurden die kalorischen und elektrischen  
eBwerte ausgewertet, wobei eine Wechselwirkung zwi-  
schen Feuchtigkeit und dielektrischem Verhalten auftritt.  
ußerdem wurde der elektrische und kalorische Leistungs-  
faktor bestimmt. Bei der einen Masse betrug der Leistungs-  
faktor 0,762, bei einer anderen 0,465. Als kalorischer Lei-  
stungsfaktor wurde das Verhältnis der im Körper erzeugten  
Gesamtwärme zur hochfrequenzmäßig aufgebrachtene Wirk-  
stung festgelegt. Die Massen zeigen je nach ihrem inneren  
aufbau Unterschiede im Temperaturverhalten.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die dielektrische  
ocknung für die meisten keramischen Massen bis 22%  
assergehalt brauchbar ist. Die Zeitersparnis kann bei ke-  
ramischen Massen durch Verwendung der Hochfrequenz-  
ocknung bis zu 95% betragen. Die Temperatur steigt schnell  
und ist einfach regelbar. Das Verfahren ist durch den  
uchtigkeitsgehalt nicht beschränkt; nachteilige Einflüsse  
f die Oberfläche zeigen sich nicht. Der Gesamtwirkungs-  
id beträgt jedoch nur etwa 50% und ist bei der elektri-  
nen Widerstandsheizung oder mit der Brennstoffheizung  
vas höher. Die Anschaffungskosten der dielektrischen Hei-  
ng sind verhältnismäßig hoch, und bei verwickelten Kör-  
rn ist die Elektrodenherstellung schwierig. Bei unsache-  
bem Betrieb ist Ribbildung nicht ausgeschlossen. *ts*

## Verkehrstechnik

DK 621.335 : 621.514.5

**Ignitron-Lokomotive.** [Nach A. C. Monteith: We-  
stinghouse Engr. 1950, S. 187.]

Der Bau von zwei 6000 PS-Gleichrichterlokomotiven für  
terzüge durch die Baldwin Locomotive Works und die  
estinghouse Electric Corporation gibt dem Verfasser des  
satzes Veranlassung, die Bedeutung der Ignitron-Gleich-  
richterlokomotive und ihren Einfluß auf die Bahnelektrifi-  
zierung besonders herauszustellen.

Jede der beiden Lokomotiven besteht aus zwei 3000 PS-  
heiten, sie erzeugen eine maximale Zugkraft von 75 t.  
s Gesamtgewicht von 300 t nehmen 12 Treibachsen auf.  
sind die leistungsfähigsten 12achsigen elektrischen Lo-  
komotiven, die je gebaut worden sind.

Die früher gebauten Lokomotiven mit Gleichstrommo-  
oren besaßen Motorgeneratoren, die den Wechselstrom der  
erleitung in Gleichstrom verwandelten. Diese Lokomoti-  
en leisteten und leisten noch gute Dienste, doch sind die  
otorgeneratoren teuer und sperrig, wozu noch der schlechte  
rkungsgrad kommt. Bei einer 6000 PS-Lokomotive wiegt  
Motorgeneratoranlage viermal so viel wie eine Gleich-  
teranlage. Dementsprechend sind auch die übrigen Teile  
er Lokomotive mit Motorgeneratoranlage schwerer. Der  
rkungsgrad liegt etwa 5% unter dem einer Lokomotive  
Gleichrichteranlage.

Das Grundprinzip der Gleichrichterlokomotive ist sehr  
fach. Der Wechselstrom wird dem Fahrdrabt entnommen  
in einem Transformator auf der Lokomotive umgespannt.  
Gleichrichterröhren liegen zwischen Transformator und  
motoren. Die Geschwindigkeit der Lokomotive wird mit den  
erspannungsseitigen Anzapfungen des Transformators  
egelt.

Um die von der Gleichrichterlokomotive zu erwartenden  
rzüge besonders herauszustellen, wird sie mit einer neuen  
ktrischen Lokomotive mit Wechselstrom-Reihenschlußmo-  
oren annähernd gleicher Leistung verglichen. Die Gewichte  
d Abmessungen der beiden Lokomotiven stimmen im we-  
entlichen überein. Die Lokomotive mit Wechselstrommoto-  
oren entwickelt eine Dauerleistung von 5625 PS und die  
gleichrichterlokomotive etwas weniger als 6000 PS. Beim  
fahren bis zu einer Geschwindigkeit von 27,3 km/h  
(17 mph) liegt jedoch die Dauerzugkraft der Gleichrichter-  
lokomotive um 50% höher. Bei ungefähr 64 km/h (40 mph)  
die Dauerzugkraft ungefähr gleich. Ist die Geschwindig-  
keit noch höher, dann besitzt die Wechselstromlokomotive  
en kleinen Vorteil. Die Gleichrichterlokomotive konnte  
27,3 km/h auf einer typischen Meßstrecke einen 14 000 t-  
zug ziehen, die Wechselstromlokomotive nur einen solchen  
von 9000 t. Bei 64 km/h würden die entsprechenden Zahlen  
10 000 t und 4700 t betragen.

Die geringere Zugkraft der Wechselstromlokomotive bei  
geringeren Geschwindigkeiten hat ihre Ursache in induk-  
tionseinflüssen und Kommutierungsschwierigkeiten bei den  
Wechselstrom-Reihenschlußmotoren.

Hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrades wird von der  
Gleichstromlokomotive ein erheblich besseres Ergebnis er-  
wartet, während der  $\cos \varphi$  etwas höher liegen wird.

Die Kosten der Gleichrichterlokomotive lassen sich noch  
nicht ganz übersehen. Gegenüber der Wechselstromlokomotive  
sprechen viele Faktoren zu ihren Gunsten. Besonders  
vorteilhaft wirkt sich die Verwendung normalisierter Gleich-  
strommotoren aus, wie sie in großer Anzahl für dieselelek-  
trische Lokomotiven benutzt werden. Da die Gleichstrom-  
motoren ungeerdete betrieben werden, sind auch die Anfor-  
derungen an die Gesamtsolation geringer. Die Gleichrich-  
terröhren werden in Massenherstellung angefertigt. Das  
Getriebe der Antriebsmotoren ist einfacher, da das Dreh-  
moment nicht wie bei Wechselstrommotoren pulsiert.

Die Gleichstrommotoren sind wegen besserer Kommu-  
tierung als bei Wechselstrommotoren leichter zu unterhalten.  
Auch die geringere mechanische Beanspruchung der Lager  
und anderer Teile trägt hierzu bei.

Außer den genannten Vorteilen der Gleichrichterloko-  
motive spielen die Auswirkungen auf die Bahnelektrifizie-  
rung eine große Rolle. Durch die Verwendung der Gleich-  
richterlokomotive ist nämlich 25 Hz-Bahnstrom nicht mehr  
erforderlich. Da für Wechselstrommotoren eine Frequenz  
von 25 Hz günstiger ist, sind in den USA die Wechselstrom-  
bahnsysteme bisher für diese Frequenz gebaut worden. Dies  
bedingt große und teure Umformerstationen. Diese können  
bei Systemen mit Gleichrichterlokomotiven fortfallen. Die  
Anwendung normaler Frequenzen gestattet auch die Ein-  
führung normaler Spannungen. Die Spannung der Fahrlei-  
tung kann daher auf das Vielfache erhöht werden, falls er-  
forderlich auch über die allgemein benutzte Spannung von  
11 kV. Einsparungen ergeben sich ferner durch die Verwen-  
dung von Apparaten und Geräten für 60 Hz, die wegen der  
Herstellung in größerer Zahl billiger sind.

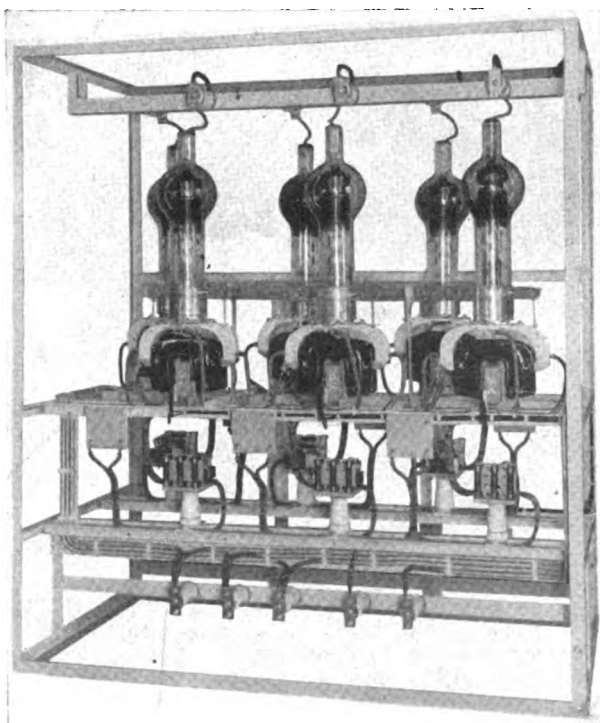
Zusammengefaßt wird festgestellt, daß die Ignitron-  
Gleichrichterlokomotive großen Einfluß auf die Wirtschaft-  
lichkeit der Bahnstromversorgung haben kann. Dadurch, daß  
billiger Strom aus Kraftwerken der öffentlichen Versorgung  
verwendbar ist, besteht die Möglichkeit, auch solche Strecken  
zu elektrifizieren, bei denen die Umstellung bisher unwirt-  
schaftlich war. *Rh*

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.61.072

**Die Stromversorgung von Großsendern.** [Nach H. Kropp:  
Fernmeldetechn. Z. 4 (1951) S. 25; 6 S., 7 B.]

Fast allgemein hat sich die Stromversorgung der Röhren-  
sender über Gleichrichter durchgesetzt, nahezu alle Gleich-



ETZ 792  
Bild 11. Röhrengestell für gittergesteuerten Hochspannungs-Glühkathoden-  
Gleichrichter 13 kV, 130 A (AEG).

richterarten wurden dabei schon angewendet. Damit kann eine mit anderen Stromquellen nicht erreichbare Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit erzielt werden. An einigen charakteristischen Beispielen wird gezeigt, wie sich die besonderen Anforderungen des Sendebetriebs berücksichtigen lassen.

So ist bei der Heizung der Senderöhren auf den Einschaltstrom beim Einschalten der kalten Kathode zu achten. Fast stets werden Mittel zu seiner Begrenzung erforderlich. Daneben muß auch auf die Einhaltung einer ausreichend zeitlich konstanten Heizspannung Wert gelegt werden.

Bei der Erzeugung der Gitterspannung kommt es vor allem auf eine niedrige Restwelligkeit an. Niedriger Innenwiderstand wird vielfach bei Telegraphie-Sendern verlangt. Beide Bedingungen sind in Anbetracht der relativ bescheidenen Leistungen mit erträglichem Aufwand zu erfüllen.

Die vielseitigsten Anforderungen werden bei der Speisung der Anode gestellt. Die sichere Beherrschung der hohen Spannung machte am Anfang der Entwicklung Schwierigkeiten, in den letzten Jahren haben sich aber mehrere Gleichrichterarten bewährt. Für große Leistungen hat sich heute allgemein der gittergesteuerte Gleichrichter durchgesetzt und zwar sowohl mit mehranodigen Eisengefäßen mit flüssiger Kathode, als auch mit einanodigen Glasgefäßen mit Glühkathode (Thyratron). An dem Beispiel eines 1000-kW-Senders wird gezeigt, daß sich mit Glühkathodenröhren alle bisher vorkommenden Anodenströme erzeugen lassen (Bild 11). Die bei einanodigen Gefäßen anwendbare Brückenschaltung ist dabei ein besonderer Vorteil. Mit der Gittersteuerung läßt sich die Anodenspannung allmählich hochfahren und im Störfall schnell abschalten (ein zusätzliches, vorübergehendes Kurzschließen des Anodenkreises kann diese Wirkung noch erhöhen); beide Maßnahmen sind zur Schonung der Senderöhren erforderlich. Die zahlreichen Bedingungen, denen der Siebkreis genügen muß, lassen sich oft nur durch Kompromisse befriedigen. Er soll die Oberwellen vom Sender fernhalten, soll bei Lastschwankungen die Spannung nicht zu sehr beeinflussen und soll keine zu hohe Beanspruchung der Gleichrichtergefäße ergeben. Zur Unschädlichmachung der gefürchteten Umschalterschwingungen sind vielfach noch zusätzliche Schaltungselemente notwendig. In Fällen, in denen aus besonderen Gründen höchste Anforderungen an die Konstanz der Anodenspannung gestellt werden, sind auch schon trägheitslose Röhrenregler angewendet worden. *Sb*

DK 621.396.62 : 621.385 : 621.316.923

**Sicherungseinrichtung für Rundfunkröhren**

Der Zweck der vorliegenden Neuerung, die sich beim Verfasser bestens bewährt hat, ist, den in Rundfunkempfängern benutzten Gleichrichterröhren, die nicht schon fabrikseitig schaltungsmäßig abgesichert sind, einen Schutz gegen Überlastung und hierdurch hervorgerufenen Heizfadenbruch durch eine Sicherungsvorrichtung zu bieten, die an jedem Rundfunkgerät ohne Umbauten verwendet werden kann.

Die meisten Gleichrichterröhren-Defekte, überhaupt eine der häufigsten Fehlerquellen an Radiogeräten, werden durch fehlerhaft gewordene Kondensatoren ausgelöst. Die Mehrzahl der Rundfunkgeräte weist eine zusätzliche Sicherung für den Anodenstrom nicht auf; diese Geräte haben nun bei Kondensator Kurzschluß unter Totalverlust der Gleichrichterröhre zu leiden.

Es ist nicht immer möglich, eine solche Sicherung

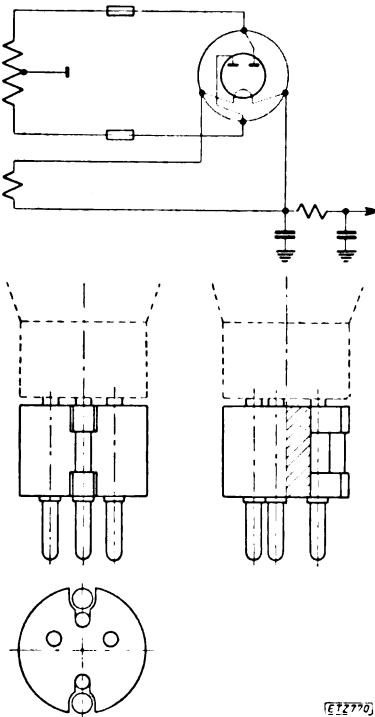


Bild 12. Die Sicherungseinrichtung.

ungseinrichtung einfach zusätzlich in das Gerät einzubauen, ganz abgesehen davon, daß der Besitzer eines Empfängers gegenüber Ein- oder Umbauten an seinem Apparat immer etwas voreingenommen und skeptisch ist; eine zusätzliche, ohne Umbauten oder Eingriffe von jedweden Laien selbst vorzunehmende und anzuschließende oder absteckbare Vorrichtung zur Verbesserung des Empfangs oder zur Schonung des Gerätes wird eher Anklang finden.

In einem Zwischensockel, einer Kombination aus Baureifenfuß und Röhrensockel, sind für Wechselstrom- und Gleichstrom-Gleichrichterröhren (bei Einweg-Gleichrichterröhren eine und bei Zweiweg-Gleichrichterröhren zwei) Glaspatensicherungen auswechselbar in den zu den Anodenanschlüssen der Röhre führenden Leitungen angeordnet (Bild 12). Auch bei Reparaturen wird der Rundfunkmechaniker wesentlich beruhigter neue Blocks einbauen können.

H. Marsiska

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 538.21 : 621.3

**Magnetische Eigenschaften von Cu-Fe-Sinterkörpern.** [Nach H. Rainer: Metall 4 (1950) S. 416; 5 S., 7 B.]

Die Remanenz, Koerzitivkraft, Sättigung und Entmagnetisierungslinie wurden abhängig von Kupfergehalt und Sinter Temperatur an Preßlingen aus Kupfer und Eisen untersucht. Bei den untersuchten Proben, die verschiedenartig hergestellt wurden, wurde immer reines Elektrolyteisenferromagnetischer Grundwerkstoff genommen. Dabei betrug die durchschnittliche Korndurchmesser 5... 20 µ. Dem Elektrolyteisen wurde Elektrolytkupfer beigemischt, das hauptsächlich aus lanzettförmigen Nadeln von etwa 2 µ Länge bestand. Der Kupferdraht der Mischungen wurde bis zu 10% Cu variiert. Das Elektrolyteisen wurde bei einem zweifachen Versuch in Kupfersulfatlösungen von bekanntem Kupfergehalt eingeführt. Dabei scheidet sich Kupfer elektrolytisch ab und jedes Eisenkorn wird mit einer dünnen Kupferschicht überzogen. Kleine prismatische Stäbe von 57·10<sup>-6</sup> mm werden aus den Gemischen bei einem Preßdruck von 6 t/cm<sup>2</sup> gepreßt. Zwei Stunden lang wurden die Preßlinge in einem nügtem Wasserstoff bei 300, 500, 700, 900 und 1100 °C anschließender Abkühlung gesintert. Die magnetischen Eigenschaften wurden im Spannungsmessersjoch nach der Hall'schen Methode ausgemessen.

Die Untersuchungen ergaben, daß im Bereich von 300 bis 700 °C die Dichte zu steigen beginnt und der höchste Wert zwischen 700 und 900 °C liegt. Bei höchster Sinter Temperatur zeigen die Proben mit 5 und 10% Kupfer eine Dichteanabnahme, die auf eine merkliche Zunahme der Länge und der anderen Abmessungen zurückzuführen ist. Im Verlauf der Sinterung hat die Sättigung verschiedene Größenwerte, die auf die Reduktion der restlichen Oxide und auf die Diffusion des Kupfers in das Eisen und auf das Schwinden der Poren zurückzuführen ist. Die Koerzitivkraft der Proben mit Kupfergehalt sinkt im Verlauf der Sinterung bis zu 1% ab. Bei höheren Sinter Temperaturen haben Proben mit 5 und 10% Kupfer einen Wiederanstieg, wobei die Preßlinge sich je nach der Herstellung unterschiedlich verhalten. Bei den Proben der Mischungsreihe steigt die Remanenz wesentlich tieferer Temperatur an als bei den chemisch hergestellten Proben. Die Remanenz nimmt im allgemeinen mit der Dichte nicht übereinstimmend zu, aber nach Erwärmen auf 1100 °C verlaufen die Eigenschaften beider Reihen gleichartig. Nach den Versuchen erscheint es aussichtsreich, die Brückenbildung von Stoffsystemen bei Sintervorgängen durch magnetische Messungen zu verfolgen.

DK 535.21 : 41

**Ausbleichung farbiger Werkstoffe durch Licht und Sinterungsenergie.** [Nach A. H. Taylor u. W. G. Prace: Illum. Engng. 45 (1950) S. 149; 2 1/2 S.]

Für Ausstellungs- und Verkaufsräume ist es wünschenswert, inwieweit natürliche und künstliche Lichter farbige Werkstoffe ausbleichen können, um Schäden zu vermeiden. Das „Lighting Research Laboratory“ hat während der letzten 25 Jahre verschiedene Versuche durchgeführt, um diese Vorgänge zu untersuchen.



Um Bleichung hervorzurufen, muß (Strahlungs-) Energie absorbiert werden, wobei die Wirkung nicht unbedingt proportional der Energiemenge zu sein braucht. Die qualitative und quantitative spektrale Energieverteilung der Lichtquellen bestimmt letzten Endes das Bleichvermögen.

Die meisten für Verkaufsräume gebräuchlichen Lichtquellen geben nur einen geringen Anteil ihrer Energie im Ultraviolettbereich (UV) ab.

Strahlungsenergie mit Wellenlänge kürzer als	400 m $\mu$ (UV)
Hochsommer-Sonnenlicht	720 $\mu$ W/lm
500 W-Glühlampe	78 "
Leuchtstofflampe 3500 °K	53 "
Leuchtstofflampe 4500 °K	72 "
Tageslicht-Leuchtstofflampe 6500 °K	93 "
Leuchtstofflampe weiß	63 "

Die Ausfilterung des UV bei künstlichen Lichtquellen dürfte deshalb das Bleichvermögen nur wenig ändern, was durch Versuche mit gefiltertem und ungefiltertem Leuchtstofflampe bestätigt worden ist. Ein entsprechender Versuch wurde mit natürlichem Tageslicht durchgeführt. Nur 29% der Stoffproben zeigten ohne Herausfiltern des UV eine etwas größere Ausbleichung. Die Bleichung farbiger Textilien wird hauptsächlich durch Strahlung im sichtbaren Spektrum bis etwa 580 m $\mu$  hervorgerufen. Ein Herausfiltern dieses Strahlungsteils würde also das farbige Aussehen der beleuchteten Gegenstände stark verändern.

Die Bleichung bei einer Lichtquelle ist proportional der Beleuchtung, also dem Produkt Lux  $\times$  Zeit. Es gilt das Rechnen in ihrem Bleichvermögen. Für gleiche Bleichung ergeben sich folgende relative Belichtungen:

Hochsommer-Sonnenlicht + Himmelslicht	1,0
nördliches Himmelslicht	0,5
Wolframfadenlampe 500 W	1,8
Tageslicht-Leuchtstofflampe	1,7

Glühlampen und Leuchtstofflampen unterscheiden sich also auch im Bleichvermögen. Selbstverständlich ist die Bleichung von der Lichtechtheit der Stoffe abhängig. Bei den amerikanischen Versuchen zeigten 50% der Stoffproben nach einer Belichtung von 500 000 lxh einen bemerkbaren Farbwechsel. Bei Fleisch und Zigarren rufen die gebräuchlichen Lichtquellen fast keine farblichen Veränderungen hervor. Das National Bureau of Standards und die American Association of Textile Chemists and Colorists haben ein Verfahren entwickelt, bei dem mit Normalpapieren und einem Kohlelichtbogen im Bleichungsmesser (Fadeometer) die Farbeständigkeit von gefärbten Textilien bestimmt werden kann. Für beschleunigte Bleichversuche eignet sich der Quarzquecksilber-Lichtbogen oder die Sterilisationslampe. Am wirksamsten ist dabei wahrscheinlich die Strahlung der Wellenlängen kleiner als 300 m $\mu$ , einer Energie, die im Sonnenlicht an der Erdoberfläche nicht vorhanden ist. Eine einfache Relation zur Ausbleichung durch Sonnenlicht konnte nicht gefunden werden. Diese Versuchsanordnung gestattet also nur qualitative Aussagen.

Fi

DK 537.226 : 676.05

**Elektrische Untersuchungen an der Papierfaser.** [Nach P. Henninger: Frequenz 4 (1950) S. 167.]

Die steigende Bedeutung des Papiers als eines Isolierstoffes in der Kabel- und Kondensatorentechnik macht die Untersuchung seiner elektrischen Eigenschaften nötig, vor allem aber den Vergleich dieser Eigenschaften des Papiers mit imprägnierten und im nicht imprägnierten Zustande. In letzterem Falle liegt ein Mischsystem von Papier und Imprägniermasse vor. P. Henninger klärt einige für die Technik wichtige Fragen. Er stellt Untersuchungen über die DK, über die Frequenzabhängigkeit des Verlustwinkels und über gewisse Struktureigenschaften der Papierfaser an und deutet die Ergebnisse. Die Problematik besteht darin, daß es sich beim Papier um ein Mischdielektrikum aus der Papierfaser und einem Imprägniermittel handelt. Dabei ist die Durchschlagsfestigkeit für imprägnierte Papiere höher als für nichtimprägnierte und auch höher als diejenige des Imprägniermittels. Die Papierfaser ist von poröser Struktur; sie läßt sich nicht, ohne die Faser zu zerstören, zu einem homogenen Medium verdichten. Die Faser besteht aus Zellulose, über Sauerstoffbrücken gekoppelte 1-Glukoseringe. Etwa 2000 Glukoseeinheiten bilden ein Fadenmolekül; die Zusammenlagerung vieler Ketten bezeichnet man mit Mizelle, deren Durchmesser etwa 100...1000 Å beträgt. Eine größere Zahl von Mizellen bildet schließlich die Papierfaser.

Als Imprägniermittel mit veränderbarer DK dienen Mischungen von Clophen A50 (chloriertes Diphenyl mit rd. 55% Chlorgehalt), wobei ausgenutzt wurde, daß die DK von Gemischen mit rd. 3% Nitroanisolzusatz zwischen 0,05 und 100 kHz frequenzunabhängig ist. Die Hadernpapiere zeigen bei niedrigen Frequenzen (rd. 0,5 kHz) die kleinsten Verlustwinkel ( $\text{tg } \delta \approx 5 \cdot 10^{-3}$ ), bei höhere Frequenzen der nordische Sulfatzellstoff. Für alle Zellstoffe steigt der Verlustwinkel mit zunehmender Frequenz an, was auf die Dipoleigenschaften zurückgeführt wird (5...200 kHz). Wagnersche Verluste werden für dieses Gebiet ausgeschlossen. Aus den gemessenen DK-Werten und der Zahl der polarisierbaren Molekülgruppen wird versucht, das elektrische Moment eines Zellulosebausteins zu berechnen. Mit der DK von  $\epsilon = 5,8$  ergibt sich nach der Formel von Debye-Clausius-Mosotti (DCM) ein Dipolmoment  $\mu_{DCM} = 4,1 \cdot 10^{-30}$  Ascm.

Da wegen der hohen Dipolkonzentration die Voraussetzungen für die Anwendung der DCM-Formel nicht erfüllt sind, wurde das Moment auch nach der Formel von Onsager berechnet, welche die nichtspezifische Wechselwirkung der Dipole untereinander berücksichtigt. Es ergab sich  $\mu_{ONS} = 4,6 \cdot 10^{-30}$  Ascm. Eine theoretische Berechnung des Momentes unter der Annahme vollkommen frei einstellbarer Gruppenmomente ergab  $\mu_{theor} \approx 9 \cdot 10^{-30}$  Ascm — unter der Voraussetzung, daß die im Ring festgelegten Momente bei üblichen Temperaturen nicht frei orientierbar sind. Das aus den DK-Messungen sich ergebende wesentlich kleinere Moment wird auf einen Effekt an den OH-Gruppen zurückgeführt. Es wird angenommen, daß Orientierbarkeit der Zellulosebausteine durch die Wechselwirkung der OH-Gruppen mit der Umgebung herabgesetzt wird. Bei der Veresterung der Zellulose treten an die Stelle der OH-Gruppen die Estergruppen. Dann lassen sich homogene Filme herstellen, an denen ebenfalls Zelluloseuntersuchungen gemacht werden können (z. B. Zellulosetributyrat). Auch dort wurden die DK, ihre Temperaturabhängigkeit und der Verlustwinkel bestimmt. Die Ergebnisse lassen sich vergleichen und entsprechen den erwarteten.

Der Temperaturkoeffizient der nach dem Schwebverfahren bestimmten DK der Papierfaser ist positiv. Dieser sonst ungewöhnliche Effekt wird damit erklärt, daß erst eine erhöhte Temperatur die Orientierung der an ihre nächste Umgebung gebundenen Dipole ermöglicht. Die der Orientierung entgegenwirkenden Temperaturen liegen entsprechend für die Papierfaser bei höheren Werten als für andere Substanzen. Die außerordentlich starke Dipolwechselwirkung der Zellulose wird z. T. auf eine Anlagerung von einzelnen H<sub>2</sub>O-Molekülen an den 3 OH-Gruppen der Glukoseresste zurückgeführt, was experimentell belegt wird. Selbst bei scharfer Trocknung behält man einen H<sub>2</sub>O-Gehalt von rd. 0,5%. Damit ist die Umgebung der Gruppenmomente nicht nur durch Zellulosebausteine bestimmt. Es wird der Schluß gezogen, daß auch hierin ein Grund für die Orientierungsbehinderung der Zellulosebausteine zu suchen ist, ähnlich wie auch bei Veresterung die Orientierungsbehinderung stark zunimmt.

Ni

DK 621.315.67

**Vinidurrohre zur elektrischen Installation.** [Nach E. Rauidith: Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 300; 6 S., 16 B., 5 T.]

Schon im Kriege wurde versucht, Kunststoffrohre zur elektrischen Installation zu verwenden. Auch in chemischen Großbetrieben bemühte man sich, bei den elektrischen Installationsanlagen statt des Stahlrohres Kunststoffrohre anzuzuwenden, weil die Stahlrohre schon nach kurzer Betriebszeit zerstört wurden. Die ersten Kunststoffrohre hatten jedoch nicht immer die gewünschten Eigenschaften und bewährten sich nicht in allen Fällen. Neuerdings werden Vinidurrohre (aus Polyvinylchlorid) erfolgreich für Installationsanlagen benutzt. Das Vinidur hat eine Dauerstandfestigkeit von etwa 1,8 kg/mm<sup>2</sup>, d. s. 36% des 3 min-Wertes. Die Brinellhärte (H 5/31, 25/30 nach DIN 1605) beträgt etwa 15,5 kg/mm<sup>2</sup> und ist somit zwei- bis dreimal so groß wie bei Eichen- und Buchenholz.

Die Absenkung der Festigkeit mit steigender Temperatur ist sämtlichen Werkstoffen eigentümlich; Stähle ändern bei etwa 500 °C, Leichtmetalle bei 150 und Kunststoffe bei etwa 50 °C bereits ihre Eigenschaften, wodurch ihre Verwendung begrenzt wird. Vinidurrohre haben nur eine begrenzte zulässige Erwärmung, denn 80 °C ist schon die Er-



richterarten wurden dabei schon angewendet. Damit kann eine mit anderen Stromquellen nicht erreichbare Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit erzielt werden. An einigen charakteristischen Beispielen wird gezeigt, wie sich die besonderen Anforderungen des Sendebetriebs berücksichtigen lassen.

So ist bei der Heizung der Senderöhren auf den Einschaltstrom beim Einschalten der kalten Kathode zu achten. Fast stets werden Mittel zu seiner Begrenzung erforderlich. Daneben muß auch auf die Einhaltung einer ausreichend zeitlich konstanten Heizspannung Wert gelegt werden.

Bei der Erzeugung der Gitterspannung kommt es vor allem auf eine niedrige Restwelligkeit an. Niedriger Innenwiderstand wird vielfach bei Telegraphie-Sendern verlangt. Beide Bedingungen sind in Anbetracht der relativ bescheidenen Leistungen mit erträglichem Aufwand zu erfüllen.

Die vielseitigsten Anforderungen werden bei der Speisung der Anode gestellt. Die sichere Beherrschung der hohen Spannung machte am Anfang der Entwicklung Schwierigkeiten, in den letzten Jahren haben sich aber mehrere Gleichrichterarten bewährt. Für große Leistungen hat sich heute allgemein der gittergesteuerte Gleichrichter durchgesetzt und zwar sowohl mit mehranodigen Eisengefäßen mit flüssiger Kathode, als auch mit einanodigen Glasgefäßen mit Glühkathode (Thyratron). An dem Beispiel eines 1000-kW-Senders wird gezeigt, daß sich mit Glühkathodenröhren alle bisher vorkommenden Anodenströme erzeugen lassen (Bild 11). Die bei einanodigen Gefäßen anwendbare Brückenschaltung ist dabei ein besonderer Vorteil. Mit der Gittersteuerung läßt sich die Anodenspannung allmählich hochfahren und im Störfall schnell abschalten (ein zusätzliches, vorübergehendes Kurzschließen des Anodenkreises kann diese Wirkung noch erhöhen); beide Maßnahmen sind zur Schonung der Senderöhren erforderlich. Die zahlreichen Bedingungen, denen der Siebkreis genügen muß, lassen sich oft nur durch Kompromisse befriedigen. Er soll die Oberwellen vom Sender fernhalten, soll bei Lastschwankungen die Spannung nicht zu sehr beeinflussen und soll keine zu hohe Beanspruchung der Gleichrichtergefäße ergeben. Zur Unschädlichmachung der gefürchteten Umschalterschwingungen sind vielfach noch zusätzliche Schaltungselemente notwendig. In Fällen, in denen aus besonderen Gründen höchste Anforderungen an die Konstanz der Anodenspannung gestellt werden, sind auch schon trägheitslose Röhrenregler angewendet worden. Sb

DK 621.396.62 : 621.385 : 621.316.923

**Sicherungseinrichtung für Rundfunkröhren**

Der Zweck der vorliegenden Neuerung, die sich beim Verfasser bestens bewährt hat, ist, den in Rundfunkempfängern benutzten Gleichrichterröhren, die nicht schon fabrikseitig schaltungsmäßig abgesichert sind, einen Schutz gegen Überlastung und hierdurch hervorgerufenen Heizfadenbruch durch eine Sicherungsvorrichtung zu bieten, die an jedem Rundfunkgerät ohne Umbauten verwendet werden kann.

Die meisten Gleichrichterröhren-Defekte, überhaupt eine der häufigsten Fehlerquellen an Radiogeräten, werden durch fehlerhaft gewordene Kondensatoren ausgelöst. Die Mehrzahl der Rundfunkgeräte weist eine zusätzliche Sicherung für den Anodenstrom nicht auf; diese Geräte haben nun bei Kondensator Kurzschluß unter Totalverlust der Gleichrichterröhre zu leiden.

Es ist nicht möglich, eine s...



zungseinrichtung einfach zusätzlich in das Gerät zu bauen, ganz abgesehen davon, daß der Besitzer des Empfängers gegenüber Ein- oder Umbauten an seinem Gerät immer etwas voreingenommen und skeptisch ist. Eine zusätzliche, ohne Umbauten oder Eingriffe von Laien selbst vorzunehmende und anzuschließende oder steckbare Vorrichtung zur Verbesserung des Empfangs zur Schonung des Gerätes wird eher Anklang finden.

In einem Zwischensockel, einer Kombination aus Renfuß und Röhrensockel, sind für Wechselstrom- und Strom-Gleichrichterröhren (bei Einweg-Gleichrichterröhren eine und bei Zweiweg-Gleichrichterröhren zwei) Glasnensicherungen auswechselbar in den zu den Anodenschlüssen der Röhre führenden Leitungen abgesteckt (Bild 12). Auch bei Reparaturen wird der Rundfunkniker wesentlich beruhigter neue Blocks einbauen können.

H. Marsia

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 538.21.14

**Magnetische Eigenschaften von Cu-Fe-Sinterkörpern**

H. Rainer: Metall 4 (1950) S. 416; 5 S., 7 B.

Die Remanenz, Koerzitivkraft, Sättigung und Entmagnetisierungslinie wurden abhängig von Kupfergehalt und Sinterungstemperatur an Preßlingen aus Kupfer und Eisen untersucht. Bei den untersuchten Proben, die verschieden hergestellt wurden, wurde immer reines Elektrolyteisen ferromagnetischer Grundwerkstoff genommen. Dabei betrug der durchschnittliche Korndurchmesser 5 ... 20 µ. Der Elektrolyteisen wurde Elektrolytkupfer beigemischt, das hauptsächlich aus lanzettförmigen Nadeln von etwa 2 µ bestand. Der Kupferdraht der Mischungen wurde bis zu 10% Cu variiert. Das Elektrolyteisen wurde bei einem Versuch in Kupfersulfatlösungen von bekanntem Kupfergehalt eingeführt. Dabei scheidet sich Kupfer ab und jedes Eisenkorn wird mit einer Schicht Kupfer überzogen. Kleine prismatische Stäbe von 1 mm Länge aus den Gemischen bei einem Preßdruck von 1000 kg/cm<sup>2</sup> gepreßt. Zwei Stunden lang wurden die Proben in reinem Wasserstoff bei 300, 500, 700 °C gesintert. Anschließend Abkühlung gesintert. Die magnetischen Eigenschaften wurden im Spannung-Hysterese-Diagramm mit der magnetischen Methode ausgemessen.

Die Untersuchungen ergaben, daß die Dichte der Proben bis 700 °C die Dichte zu steigen beginnt. Die Dichte stieg zwischen 700 und 900 °C weiter an. Die Sinterungstemperatur zeigen die Proben eine deutliche Dichteabnahme, die auf eine Vergrößerung der Porengröße oder anderen Abmessungen zurückzuführen ist. Die Sinterung hat die Dichte der Proben auf Kleinwerte, die auf die Diffusion von Eisen zurückzuführen sind, zurückzuführen. Das Schwinden der Proben mit steigender Sinterungstemperatur bis zu 1% abnahm. Die Sinterungstemperatur mit 5 und 10% Kupfergehalt zeigte sich. Bei den Proben mit 5% Kupfergehalt war die Sinterungswesenheit wesentlich geringer als bei den Proben mit 10% Kupfergehalt. Die Sinterungswesenheit der Proben mit 5% Kupfergehalt war auf die Sinterungswesenheit der Proben mit 10% Kupfergehalt zurückzuführen.



Um die Leistung hervorzubringen, sind die Elektrolyse-Elemente zu verbinden, wobei die Elektrolyse-Elemente in der Elektrolyse-Elemente-Gruppe die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bilden. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet. Die Elektrolyse-Elemente-Gruppe ist die Elektrolyse-Elemente-Gruppe, die die Elektrolyse-Elemente-Gruppe bildet.

Wuppertal  
 Gewerbebeschule: Kur-  
 Ing. A. Matting,  
 St.-Vw., Rubensstr. 4  
 Akad.: Kursus „Prak-  
 H. F. Mueller,  
 „Moderne statistische  
 und zur laufenden Qua-  
 f., Bamberg.  
 „Betriebsabrechnung und  
 ben“, Prof. Dr. K. Mel-

### HES

1951 ist Oberingenieur Carl  
 gestorben. Am 12. Juli 1872  
 in Walsrode, besuchte er das dortige  
 Gymnasium. In seiner Studienzeit verbrachte er in  
 Berlin auf der Technischen Hochschule  
 in Charlottenburg. Seit Januar 1900 ge-  
 horte er dem V. D. I. In  
 1901 wurde er zum Mitglied  
 der V. D. I. ernannt.



C. Both begann seine  
 technische Laufbahn als  
 Assistent bei Oskar v.  
 Müller und nahm re-  
 gen Anteil an dem Auf-  
 bau der Elektrotechnik.  
 Durch sein freundliches  
 Wesen und reiches Wis-  
 sen war er ein gern ge-  
 sehener Mitarbeiter. 1928  
 machte er sich als berate-  
 render Ingenieur selb-  
 ständig und verlegte 1932  
 sein Ingenieurbüro nach  
 Berlin. Infolge der Kriegs-  
 ereignisse mußte er 1943

Walsrode verlassen und siedelte nach Walsrode in der Lüne-  
 burger Heide über. Noch einmal wechselte er seinen Wohn-  
 ort, im Juli 1950 nach Walldorf bei Frankfurt a. M., um bei  
 seinen Kindern seinen Lebensabend zu verbringen. Leider  
 war die Ruhe nach seinem arbeitsreichen Leben nur kurz,  
 infolge eines Schlaganfalls wurde er aberufen.

C. Both hat stets ein reges Interesse am VDE bekundet  
 und stellte manche technische Abhandlung der ETZ zur Ver-  
 fügung. Zahlreiche Vorträge im In- und Ausland machten  
 ihn zu einer bekannten Persönlichkeit.

stelle



**H. Hausrath 75 Jahre alt.** — Am 12. Juli 1951 feierte der  
 frühere außerordentliche Professor für Elektrotechnik an der  
 Technischen Hochschule Karlsruhe, Herr Dr. Herbert Ha u s -  
 rath seinen 75. Geburtstag. Er wurde in Heidelberg ge-  
 boren und hat von 1903 an der Technischen Hochschule Karls-  
 ruhe angehört, seit 1907 hat er Vorlesungen und Übungen  
 auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik abgehalten, die  
 1921 durch eine neue Studien- und Prüfungsordnung neben  
 Starkstromtechnik und Lichttechnik eine selbständige Fach-  
 richtung im Studium der Elektrotechnik an der T. H. Karls-  
 ruhe geworden ist; lange Jahre war er Leiter der Abteilung  
 Schwachstromtechnik des Elektrotechnischen Institutes. Prof.  
 Hausrath war ursprünglich ein Schüler N e r n s t s, daher  
 lag seine wissenschaftliche Arbeit zuerst auf dem Gebiete  
 der physikalischen Chemie. Auf dieser Grundlage gelang  
 ihm die Erfindung des Kupferoxydul-Gleichrichters, der seit-  
 her in der gesamten Elektrotechnik eine außerordentliche  
 Bedeutung gefunden hat. Die Erfindung wurde während des  
 ersten Weltkrieges gemacht; diese Umstände erklären es,  
 daß die Priorität später an amerikanischen Erfinder verloren  
 gegangen ist. Auch auf zahlreichen anderen Gebieten haben  
 die Ideen und die Arbeiten Hausraths zu neuen Erkenntnis-  
 sen oder zu praktischen technischen Fortschritten geführt;  
 es seien hier nur beispielsweise herausgegriffen das Prinzip  
 des thermokraftfreien Kompensators, die Folienthermoele-

**ENDER**  
 Wuppertal  
 Steinstraße 5, Sitzungs-  
 Prof. Dr.-Ing. H. F.

der Geldüberweisung auf das  
 verbinden und auf dem Post-  
 18\*  
 der Geldüberweisung auf das  
 verbinden und auf dem Post-  
 20\*  
 20\*

weichungstemperatur. Bei Temperaturen über 40 °C ist das Absinken der Festigkeitswerte zu berücksichtigen.

Sehr vorteilhaft bei Vinidurrohren ist die chemische Beständigkeit und Korrosionsfähigkeit, jedoch wird Vinidur durch Wasser und durch Lösemittel angegriffen. Zu beachten ist bei Vinidurrohren die verhältnismäßig große Wärmeausdehnung. Je nach dem Temperaturspielraum muß man je Meter Rohr mit 2,4 ... 4,0 mm Wärmespiel rechnen. Die Wärmeleitfähigkeit hat die Größenordnung wie bei Holz und liegt bei 0,12 ... 0,25 kcal/m h °C.

Für die Elektrotechnik ist Vinidur ein guter Isolierstoff; in seinen Isoliereigenschaften entspricht es dem Hartgummi. Nur das Verhalten gegen Wärme und gegen mechanische Beanspruchungen verhindert seine ausgedehnte Anwendung in der Elektrotechnik. Der spezifische Widerstand beträgt  $10^{15} \dots 10^{16} \Omega \text{cm}$ , die Durchschlagfestigkeit bei 50 Hz 40 ... 50 kV/mm, die Dielektrizitätskonstante beträgt bis 60 Hz 4,0, bei 800 Hz 3,5 und bei  $10^6$  Hz 3,4. Der dielektrische Verlustfaktor hat im Frequenzbereich von 50 Hz bis 1 MHz den Wert von 0,02. Vinidur ist als Isolierstoff auf Grund seiner Eigenschaften besonders dann vorteilhaft, wenn Feuchtigkeitseinwirkungen vorliegen. Wegen der geringen Wärmefestigkeit ist der Kunststoff bei elektrischen Maschinen und Transformatoren nicht brauchbar. Jedoch bewährt er sich bei Akkumulatoren für die Scheidewände und die Kästen. In steigendem Maße werden Kabel und Leitungen mit Vinidur isoliert. Für die Installation wurden handelsübliche Vinidurrohre nach DIN 1861 und 1862 für drei Druckstufen von 0,5, 2,5 und 6,0 kg/cm<sup>2</sup> gebaut. Die Rohre mit der schwächsten Druckfestigkeit werden in trockenen Räumen auf oder unter Putz verlegt. Die Rohre bis zu 2,5 kg/mm<sup>2</sup> Druckfestigkeit können im Freien, in feuchten Räumen und in Säurebauten verlegt werden, während die Rohre mit der größten Druckfestigkeit für explosionsgefährdete Räume dienen.

Für das Verlegen sind folgende Gesichtspunkte zu beachten: die günstigste Verformungstemperatur ist 130 °C. Die Werkstücke sind gleichmäßig und ohne örtliche Überhitzung zu durchwärmen. Die Verformung soll schnell ausgeführt werden; unmittelbar nach dem Verformen ist rasch abzukühlen. Wichtig ist, daß der Werkstoff nicht überhitzt wird. Eine Überhitzung wird an Dunkelwerden oder beginnender Blasenbildung erkennbar. Während der Erwärmung ist das Rohr dauernd zu drehen, um die örtlichen Überhitzungen zu verhindern. Geeignet zur Erwärmung sind weichen Wasserstoffflammen, Heißluftanlagen und Ölbad, in die die zu verformenden Teile hineingetaucht werden. Unlösbare Rohrverbindungen haben ein Innenrohr mit einem etwa 1 mm kleineren Durchmesser. Die Rohrenden werden abgekantet und dann verklebt. Vor dem Verkleben werden die Flächen mit Glaspapier angeraut und dann mit Methylendichlorid gereinigt. Danach wird das Klebemittel aufgetragen, und man schiebt die Rohrenden zusammen. Die Abbindezeit der Klebung beträgt 12 ... 24 h. Beim Biegen der Rohre hat sich eine Füllung mit auf 120 °C vorgewärmtem Sand als nützlich erwiesen. Mit derartigen Vinidurrohren lassen sich Anschlüsse an allen normalen Installationsdosen ausführen. Bei explosionsgefährdeten Räumen müssen die Rohrverbindungen gut gedichtet sein. 18

DK 621.319.5 : 667

**Farbspritzten von Metalloberflächen im elektrostatischen Feld.** [Nach J. Stribley: Sheet Metal Industries 27 (1950) S. 460; 7 S., 5 B.]

In England und in den USA wurde das elektrostatische Farbspritzen in den letzten Jahren zunehmend angewendet. Benutzt wird dabei die Anziehung und das Niederschlagen elektrisch geladener Farbteilchen in einem starken elektrostatischen Feld, wobei die zu bespritzenden Teile im allgemeinen auf einem geerdeten Förderband durch das Feld bewegt werden, das zwischen diesem Förderband und einem negativen Elektrodensystem mit 130 kV Gleichspannung aufgebaut wird. Der Farbstoff selbst wird aus Spritzpistolen mit geringerer Geschwindigkeit zwischen Elektrode und Werkstück in das Feld eingeblasen. Durch die elektrischen Kräfte wandern die Farbteilchen auf die Werkstück-Oberfläche und bleiben auf dieser haften. Vom mechanischen Spritzen unterscheidet sich das elektrostatische also vor allem durch die Einwirkung des elektrischen Feldes, außerdem aber auch dadurch, daß die Farbe nicht senkrecht zur Werkstoffoberfläche, sondern etwa parallel zu dem Förderband eingebracht

und zerstäubt wird. Wegen der hohen Spannung müssen die Farbdüsen hinreichend weit von der Elektrode entfernt sein.

Die Gleichspannung wird von einem Halbwellen-Selbstgleichrichter mit 130 kV und 7,5 mA Kurzschlußstrom abgegeben, der von einem einphasigen 50 Hz-Transformator Netzanschluß gespeist wird. Die Feldelektrode besteht aus Rohren und Drähten. Die Spritzpistolen haben einen geringeren Druck als beim mechanischen Spritzen. Die zu spritzenden Werkstücke werden meist drehbar auf dem Förderband angebracht; das ist z. B. für das Spritzen von Kraftfahrzeugrädern besonders vorteilhaft. Auch zur Massenfertigung kleiner Werkstücke ist das Verfahren geeignet; allerdings spritzbaren Farbstoffe lassen sich dabei verarbeiten. Sogar nichtmetallische Teile (z. B. Holz) können, wenn sie genügende Feuchtigkeit enthalten, elektrostatisch gespritzt werden. Innere Flächen von Hohlkörpern müssen jedoch mechanisch nachgespritzt werden. Ähnlich wie das mechanische Spritzen kann auch Farbe in einer solchen Anlage abtropfen werden. Dabei werden besonders aufgetragene Ebenen und Tränen beim elektrostatischen Farbauftrag vermieden.

Beachtlich ist die Wirtschaftlichkeit des elektrostatischen Farbauftrages. Vor allem werden erhebliche Farbersparnisse erreicht, die gegenüber dem mechanischen Verfahren durchschnittlich 50% betragen. Zur höheren Sicherheit des Bedienungspersonals wurde der Klemmen-Kurzschlußstrom der Hochspannungsanlage auf 7,5 mA begrenzt. Außerdem werden die Hochspannungsleitungen außerhalb der Reichweite des Bedienenden verlegt. Schließlich wird die Hochspannung abgeschaltet, wenn die erforderliche Lüftungsanlage nicht einwandfrei arbeitet, und die Spritzpistolen können nicht arbeiten, wenn die Lüftermotoren nicht eingeschaltet sind. Zum Feuerschutz ist eine selbsttätige Feuerschutzanlage mit Kohlen säure angeordnet. Die übersichtliche Zusammenfassung der ganzen elektrischen Einrichtungen und des Zählwerks, der Relais, Sicherungen und Warnanlagen in einer Schaltschrank erleichtert die Bedienung und vermindert die Unfallgefahr.

## Kurznachrichten

**12. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungskommission.** — Vom 25. 6. bis zum 5. 7. fand in Stockholm die 12. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungskommission (I.B.K.) statt. Unter etwa 550 Teilnehmern aus 22 Ländern war Deutschland mit etwa 40 Delegierten vertreten. Die Wiederzulassung und offizielle Einladung zu der Tagung hat Deutschland in erster Linie dem Präsidenten der Internationalen Beleuchtungskommission, Prof. Dr. Halberstma — Holland — zu verdanken. Professor Dr.-Ing. Wilhelm Arndt behandelte unter fünf deutschen Referaten „Das Problem der natürlichen Gesbeleuchtung von Innenräumen“.

**Achema X.** — Die Ausstellung-Tagung für chemisches Apparatewesen findet vom 18.—25. Mai 1952 in Frankfurt a. M. statt. Anlässlich der Achema X wird ein europäisches Treffen der Chemischen Technik veranstaltet. Abschluss für Platzbelegungen: 15. August 1951.

**Licht unter Wasser.** — Schwimmbäder sollen in Zukunft unter Wasser mit Leuchtstofflampen beleuchtet werden. Der Boden des Beckens, mit Spezialglas abgedeckt, die elektrischen Bahnen abgrenzen und die gesamte Wassermasse abstrahlend durchleuchten. Hierdurch ergibt sich außer einer erhöhten Sicherheit, vor allem für Schwimmanfänger, die Möglichkeit von Leistungssteigerungen bei Wettkämpfen durch das Fallen der Korkschnüre an der Wasseroberfläche.

**RIAS-20 kW-Kurzwellensender.** — Der RIAS wird in Kürze einen 20 kW-Kurzwellensender in Betrieb nehmen. Die Zeit auf dem Gelände des Berliner Mittelwellensenders RIAS montiert wird<sup>1</sup>. Der Sender wird auf einer Farn-Antenne, welche nahezu Rundstrahlcharakteristik hat, montiert. Die Sendefrequenz liegt etwa bei 6 MHz.

Die Aufgabe der neuen Anlage besteht darin, das Programm des RIAS einem ausgedehnten Hörerkreis zugänglich zu machen und allen Hörern, die die Mittelwellensender schlecht oder gar nicht empfangen können, eine Möglichkeit hierzu zu geben. Insbesondere soll auch die Möglichkeit eine weitere Möglichkeit, das RIAS-Programm zu empfangen, erhalten.

<sup>1</sup> Hersteller Telefunken GmbH.



## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Kommission für Elektrizitätszähler

Die Kommission hat VDE 0418 „Regeln für Elektrizitätszähler“ neu gefaßt. Der Entwurf kann gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, zum Preise von 9.— DM bezogen werden<sup>1</sup>.

Es ist beabsichtigt, diese Regeln zum 1. Januar 1952 in Kraft zu setzen und die seitherigen Bestimmungen VDE 0418/IX. 40 für die laufende Herstellung ab 1. Januar 1954 für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen die Neufassung und gegen die Außerkraftsetzung der seither geltenden Regeln können bis zum 15. 9. 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle eingereicht werden (in zweifacher Ausfertigung erbeten).

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle  
Bähre Jacottet

##### Kommission „Elektrowärmegeräte“

Die Kommission hat unter dem Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. Harald Müller eine Neufassung von VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ ausgearbeitet. Die Neufassung weicht sowohl in bezug auf die Ausgestaltung der Vorschrift als auch in bezug auf die von ihr erfaßten Geräte und Gerätegruppen von der bisherigen Vorschrift ab. Neben einer Reihe von einzelnen Geräten, um die schon vorhandene Gruppen erweitert worden sind, sind neu aufgenommen die Geräte für Großküchen. Aus der Vorschrift herausgenommen wurden die Elektrowärmegeräte mit Elektroden, weil ihre technische Entwicklung noch nicht die Festlegung von Vorschriften gestattet. Es ist geplant, zunächst für diese Geräte getrennte Leitsätze aufzustellen.

Der Entwurf kann gegen Erstattung der Unkosten für Vervielfältigung und Versand zum Preise von 10,20 DM von der Vorschriftenstelle des VDE, (16a) Frankfurt am Main, Osthafenplatz 6, bezogen werden<sup>2</sup>.

Es ist beabsichtigt, die Neufassung zum 1. 1. 1952 in Kraft zu setzen und die z. Zt. geltende Vorschrift (VDE 0720/II. 43) zum gleichen Zeitpunkt für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen die Neufassung und gegen die Außerkraftsetzung der z. Zt. geltenden Vorschrift können bis zum 15. 9. 1951 bei der Vorschriftenstelle eingereicht werden (in zweifacher Ausfertigung erbeten).

Der Kommissionsvorsitzende VDE Vorschriftenstelle  
Harald Müller Jacottet

#### Elektrotechnische Prüfstelle Berlin

##### Neue Geschäftsräume der Prüfstelle

Die Anschrift der Prüfstelle lautet ab 1. 7. 51  
Elektrotechnische Prüfstelle Berlin  
Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
Fernruf: 340141

Die Geschäfts- und Besuchszeiten bleiben wie bisher.

Elektrotechnische Prüfstelle Berlin  
Block

### SITZUNGSKALENDER

**Hamburg:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal  
20. 8. bis 22. 8. 51, tägl. 8.30 bis 17.00, Hamburg 1, Steinstraße 5, Sitzungssaal: Kursus „Gebäudeblitzschutz“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkagen, Wuppertal.

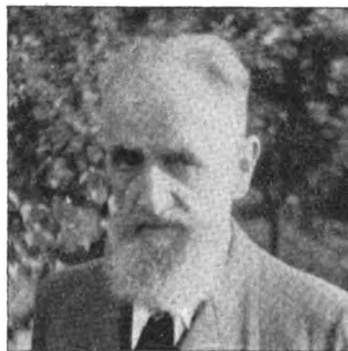
<sup>1</sup> Es wird gebeten, die Bestellung mit der Geldüberweisung auf das Postscheckkonto des VDE, Köln Nr. 2197, zu verbinden und auf dem Postscheckabschnitt anzugeben: „für Entwurf 0418“.

<sup>2</sup> Es wird gebeten, die Bestellung mit der Geldüberweisung auf das Postscheckkonto des VDE, Köln Nr. 2197, zu verbinden und auf dem Postscheckabschnitt anzugeben: „für Entwurf 0720.“

- Remscheid:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal  
27. 8. bis 31. 8. 51, tägl. 14.30 bis 18.00, Remscheid, Gewerbeschule: Kursus „Moderne Schweißtechnik“, Prof. Dr.-Ing. A. Matting.
- Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4  
6. 8. bis 10. 8. 51, tägl. 14.30 bis 18.00, Lehrsaal d. Akad.: Kursus „Praktische Energiewirtschaft“, Dr.-Ing. habil. H. F. Mueller, Karlsruhe.
20. 8. bis 24. 8. 51, Ort u. Zeit wie vor: Kursus „Moderne statistische Verfahren zur Fabrikationskontrolle und zur laufenden Qualitätsüberwachung“, Prof. Dr. U. Graf, Bamberg.
27. 8. bis 31. 8. 51, Ort und Zeit wie vor: Kursus „Betriebsabrechnung und Kalkulation in Klein- und Mittelbetrieben“, Prof. Dr. K. Melierowicz.

## PERSONLICHES

**C. Both f.** — Am 6. Februar 1951 ist Oberingenieur Carl Both im Alter von 78 Jahren gestorben. Am 12. Juli 1872 in Kronstadt (Siebenbürgen) geboren, besuchte er das dortige Gymnasium. Seine erste Studienzeit verbrachte er in Budapest und beendete das Studium in Berlin auf der Technischen Hochschule in Charlottenburg. Seit Januar 1900 gehörte er der E. T. G. in Berlin an, ebenso dem V. D. I. In beiden Vereinen konnte er noch seine 50jährige Mitgliedschaft erleben.



C. Both begann seine technische Laufbahn als Assistent bei Oskar v. Müller und nahm regen Anteil an dem Aufbau der Elektrotechnik. Durch sein freundliches Wesen und reiches Wissen war er ein gern gesehener Mitarbeiter. 1928 machte er sich als beratender Ingenieur selbstständig und verlegte 1932 sein Ingenieurbüro nach Berlin. Infolge der Kriegereignisse mußte er 1943

Berlin verlassen und siedelte nach Walsrode in der Lüneburger Heide über. Noch einmal wechselte er seinen Wohnsitz im Juli 1950 nach Walldorf bei Frankfurt a. M., um bei seinen Kindern seinen Lebensabend zu verbringen. Leider war die Ruhe nach seinem arbeitsreichen Leben nur kurz, infolge eines Schlaganfalls wurde er abgerufen.

C. Both hat stets ein reges Interesse am VDE bekundet und stellte manche technische Abhandlung der ETZ zur Verfügung. Zahlreiche Vorträge im In- und Ausland machten ihn zu einer bekannten Persönlichkeit. of

**H. Hausrath 75 Jahre alt.** — Am 12. Juli 1951 feierte der frühere außerordentliche Professor für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Karlsruhe, Herr Dr. Herbert Hausrath seinen 75. Geburtstag. Er wurde in Heidelberg geboren und hat von 1903 an der Technischen Hochschule Karlsruhe angehört, seit 1907 hat er Vorlesungen und Übungen auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik abgehalten, die 1921 durch eine neue Studien- und Prüfungsordnung neben Starkstromtechnik und Lichttechnik eine selbständige Fachrichtung im Studium der Elektrotechnik an der T. H. Karlsruhe geworden ist; lange Jahre war er Leiter der Abteilung Schwachstromtechnik des Elektrotechnischen Institutes. Prof. Hausrath war ursprünglich ein Schüler Nernsts, daher lag seine wissenschaftliche Arbeit zuerst auf dem Gebiete der physikalischen Chemie. Auf dieser Grundlage gelang ihm die Erfindung des Kupferoxydul-Gleichrichters, der seither in der gesamten Elektrotechnik eine außerordentliche Bedeutung gefunden hat. Die Erfindung wurde während des ersten Weltkrieges gemacht; diese Umstände erklären es, daß die Priorität später an amerikanischen Erfinder verloren gegangen ist. Auch auf zahlreichen anderen Gebieten haben die Ideen und die Arbeiten Hausraths zu neuen Erkenntnissen oder zu praktischen technischen Fortschritten geführt; es seien hier nur beispielsweise herausgegriffen das Prinzip des thermokraftfreien Kompensators, die Folienthermoele-



mente und der Wälzankermagnet. Prof. Hausrath lebt gegenwärtig in Karlsruhe. Viele Schüler, darunter zahlreiche ehemalige Doktoranden, denken an diesem Tage an den unermüdlichen und ideenreichen Lehrer und Forscher.

J. F.

**H. Reisner 70 Jahre alt.** — Am 19. Juli 1951 vollendete Prof. Dr.-Ing. Heinrich Re i s n e r, Direktor des Hauses der Technik, Essen, und Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Aachen, sein 70. Lebensjahr. Aus einer altschlesischen Familie stammend studierte er, seinen vielseitigen Neigungen entsprechend, an der Technischen Hochschule Charlottenburg, der Bergakademie Berlin, der Forstakademie Eberswalde, den Universitäten Berlin, Breslau und Rostock und legte 1906 seine Diplomprüfung ab. 1924 promovierte er über wassertechnische und -wirtschaftliche Probleme, mit denen er bei seiner Tätigkeit im Staats-, Gemeinde- und Privatdienst in engste Berührung gekommen war und deren Verknüpfung mit anderen Gebieten der Ingenieurarbeit ihn zu einer eingehenden wissenschaftlichen Arbeit veranlaßte.

In den Jahren zwischen Diplomexamen und Doktorprüfung galt seine Arbeit auch den Gebieten, die mit seinem engeren Fachgebiet viele Fragen gemeinsam haben, so Energietechnik, Hydrologie, Verkehrstechnik und Geographie vom Gesichtspunkt der Technik aus.

Sein Suchen nach größeren Zusammenhängen brachte ihn sehr bald in enge Berührung mit den Fragen des technischen Berufs- und Bildungswesens. Seine verschiedenen Arbeiten über die Standesgeschichte des Ingenieurs und sein Einsatz für die Standes- und Berufsinteressen der deutschen Diplom-Ingenieure ließen ihn auch erfolgreiche Verbindung mit österreichischen Ingenieurkreisen aufnehmen. Sein besonderes Interesse galt unter den technischen Bildungsanstalten den Technischen Hochschulen, deren Geschichte er gründliche Studien widmete. Dabei nahm er auch an der Frage der Ausgestaltung des Studienplanes reges Interesse und wies auf die große Bedeutung der kulturellen und ethischen Fragen für die Ausbildung des Nachwuchses unermüdlich hin. Auch die Verknüpfung der Hochschulen verschiedener Fachrichtungen erschien ihm von außerordentlicher Bedeutung, wie er überhaupt das technische Studium und die Arbeit des Ingenieurs nie losgelöst von den Umweltproblemen gesehen haben wollte.

Besonders der Wunsch, das Wissen des Ingenieurs auf eine breite Basis stellen zu wollen, ist sicher mit einer der Triebfedern gewesen, aus dem bereits 1912 gefaßten Plan, eine Fortbildungsstätte zu schaffen, das Haus der Technik, Essen, ins Leben zu rufen, dessen Geschäftsführer er, von einer zeitbedingten Unterbrechung abgesehen, über die ganze Zeit des Bestehens dieser vorbildlichen Stätte gewesen ist und das 1947 durch seine Erhebung zum Außeninstitut der Technischen Hochschule Aachen auch von dort die ihm gebührende Anerkennung gefunden hat. Auf das Gebiet des technischen Zeitschriftenwesens hat er starken Einfluß genommen. Die Technische Hochschule Aachen versicherte sich seiner umfassenden Kenntnisse und seiner überragenden Einsicht, in dem sie ihn 1946 zum Honorarprofessor ernannte.

Seine energiewissenschaftlichen Studien ließen in ihm schon sehr früh den Gedanken an ein Wärme-Institut heranreifen, und als die interessierten Kreise das Elektrowärme-Institut und das Gaswärme-Institut schufen, bedeutete ihre Zusammenfassung in den Vereinigten Instituten für Wärmetechnik die Vollendung des von ihm stammenden Planes eines allgemeinen Wärmeinstitutes zu einem großen Teil. Auch für die Schaffung anderer Institute sind seine Anregungen auf fruchtbringenden Boden gefallen.

Trotz schwerer Schicksalsschläge stellte er seine ganze Kraft 1946 in den Dienst des Wiederaufbaus und übernahm



auch willig die Bürde, dem Ingenieur seine Gedanken als Hochschullehrer mit auf den Weg zu geben. Als besondere Anerkennung seiner Arbeit muß der Beschluß des Kultusministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen gewertet werden, ihm in diesen Tagen einen Lehrauftrag in einem Amt zu erteilen, in dem man sonst akademische Lehrer zu verpflichten pflegt.

Möchte es Prof. Dr.-Ing. Reiser vergönnt sein, der akademischen Jugend noch recht viele Jahre seine reichen Erfahrungen vermitteln zu können.

Harald Müller

**R. Strigel.** — Am 25. Juli 1951 beging Herr Dr.-Ing. Robert Strigel, der Vorstand der Elektrotechnischen Gesellschaft Nürnberg, sein 25jähriges Dienstjubiläum bei den Siemens-Schuckertwerken AG. Nach Beendigung seines Studiums an der Technischen Hochschule München trat R. Strigel bei der SSW ein. Hier führte er zunächst Arbeiten über Glühventile und Elektrofilter durch, um sich später Untersuchungen über die Stoßfestigkeit elektrischer Isolierungen zuzuwenden. Im Jahre 1939 wurde ihm die Leitung des Stoßprüffeldes im Transformatorwerk übertragen. Seine wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Stoßspannungsgebiet fanden ihren Niederschlag in zahlreichen Veröffentlichungen sowie in den Büchern „Elektrische Stoßfestigkeit“, Verlag Springer 1938 und „Ausmessung von elektrischen Feldern“, Verlag Braun 1949. Im Jahre 1947 wurde dem Jubilar, der auch wertvolle Mitarbeit an der ETZ leistet, die Leitung des Versuchsfeldes im Transformatorwerk der SSW übertragen.

**Hochschulnachrichten.** — Zum Rektor der Techn. Hochschule Karlsruhe wurde für das Studienjahr 1951/52 der ordentliche Professor der theoretischen Elektrotechnik und Schwachstromtechnik, Dr. phil. Hermann Backhaus, wiedergewählt. Er wurde im Jahre 1932 auf den Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik und Schwachstromtechnik berufen, den er seither als Ordinarius inne hat. Hauptarbeitsgebiet von Prof. Backhaus ist die Akustik und Schwingungslehre.

**Jubiläum.** — Die Frankfurter Transformatorfabrik M. Topp & Co., Oberursel/Ts., wurde am 22. Juli 1926 durch den Mann gegründet, dessen Namen sie trägt. Seit 25 Jahren liefert sie Transformatoren an industrielle und Energiewirtschaftsunternehmen im In- und Ausland. Die Firma baut Leistungstransformatoren bis 20 000 kVA und Spezialtransformatoren und beschäftigt sich auch mit Reparaturen. Von den schweren Kriegsschäden hat sich das Werk erholt und seit einem Jahr arbeitet es in einer neuen, modernen Fabrikanlage.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 517/0212

**Cours de calcul matriciel appliqué.** Von M. Denis-Papillon. A. Kaufmann. Mit 304 S., zahlr. B. u. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Albin Michel, Paris 1951. Preis geb. 1600 ffrs.

Dieses neue Buch über Matrizen unterscheidet sich hinsichtlich seiner Zielsetzung und seines Aufbaues von den bisher bekannten Werken. Nach einer Einführung in die elementaren Matrizenoperationen, die nur geringe Voraussetzungen erfordert, werden einige Dinge der Matrizenlehre ohne allzu tiefes Eindringen in innere Zusammenhänge gebracht, um gleich zu praktischen Anwendungen überzugehen. In acht Kapiteln bringt das Buch eine gute Übersicht über Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten.

Diese Kapitel enthalten: Allgemeines und Theorie der Matrizencharakteristiken, Infinitesimalrechnung bei Matrizen, Anwendung auf Schwingungen, Matrizen in der Vektortheorie, Anwendung auf Probleme der Elastizitätstheorie, Statik, mathematische Maschinen, historischer Anhang.

In den rein mathematischen Kapiteln wird neben den elementarsten Grundlagen auf die Begriffe Eigenwert, Eigenvektor, charakteristische Matrix und Spektrum einer Matrix eingegangen. An iterativen und numerischen Verfahren wird nur das Allernützlichste gebracht. In diesem Zusammenhang erscheint auch das Cayley-Hamilton'sche Theorem.

Sachlich gehört hierzu noch der Stoff des historischen Anhangs. Ob diese Trennung des Stoffes didaktisch zweckmäßig ist, erscheint fraglich. So werden die bekannten Stabilitätskriterien von Hurwitz, Routh und Nyquist erst im Anhang behandelt, wobei es erstaunlich ist, daß die einfacheren und weniger bekannten Kriterien von Hermite gerade in einem französischen Buch fehlen.

Die Stärke des lesenswerten Werkes liegt vor allem in den Abschnitten über Anwendungen, wo eine große Zahl von Einzelbeispielen mechanischer und elektrischer Natur behandelt wird. Auch das Kapitel über mathematische Maschinen — ein Gebiet das neuerdings sehr an Bedeutung gewinnt — ist geeignet, mit dem numerischen Zweig der Matrizenrechnung praktisch bekannt zu machen, wengleich moderne numerische Verfahren, wie sie zum Teil in neueren deutschsprachigen Werken gebracht werden (z. B. Zurmühl) weniger ausführlich behandelt sind. Besonders hervorzuheben ist ein Gerät zur Lösung von 10 algebraischen Gleichungen mit 10 Unbekannten bzw. von 5 Differentialgleichungen 3. Ordnung mit konstanten Koeffizienten.

Das Werk kann als wertvolle Ergänzung zu den bekannteren neueren Büchern (z. B. Schreier-Sperner, Weiss, Zurmühl, Schmeidler) hinsichtlich praktischer Beispiele dienen. Druck und Ausstattung des Buches sind zufriedenstellend.

H. Bauer

DK 621.311.12.024 (022.4)

**Energieübertragung mit Gleichstrom hoher Spannung.** Von Karl Baudisch. Mit 309 S., 199 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 27,—.

In dem vorliegenden Buch gibt ein bestes bekannter Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke A.G. einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Stand der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom. Dabei wird erstmalig über die bedeutenden Entwicklungsarbeiten berichtet, welche die Firma Siemens selbst in den Jahren 1937 bis 1945 auf diesem Spezialgebiet geleistet hat. Das Buch hat aber hierdurch keineswegs den Charakter eines Firmenbuches erhalten. Der umfangreiche Stoff wird systematisch in folgenden Hauptkapiteln behandelt: I. Das grundsätzliche Verhalten einer Gleichstromübertragung mit Stromrichtern, II. Regelung der Übertragung bei langsam verlaufenden Änderungen der Betriebsgrößen, III. Über die Stabilität eines Drehstromnetzes, das durch einen Wechselrichter gespeist wird, IV. Schaltung der Gleich- und Wechselrichter, V. Stromrichter, VI. Die Leitungen, VII. Das Schaltproblem, VIII. Versuchsanlagen, IX. Anordnungen der Stromrichterstationen. Den Abschluß des Buches bildet ein umfangreiches Schrifttumverzeichnis.

Das Buch zeichnet sich durch eine außerordentlich anschauliche Darstellungsweise in Verbindung mit zahlreichen guten Abbildungen aus. Die Probleme der Übertragungs- und Apparatetechnik werden klar herausgestellt und ihre Lösungen in eleganter und leicht verständlicher Weise vermittelt, wobei auch praktische Beispiele zahlenmäßig durchgeführt werden. Besonders hervorzuheben sind die ausführlichen Betrachtungen über die Regelung, die zwar etwas knappen aber sehr klaren Ausführungen über die Stabilisierung des Wechselrichterbetriebes einschließlich der hiermit eng zusammenhängenden Blindleistungsfragen, die Mitteilungen über die bisherige Entwicklung von Quecksilberdampf-Stromrichtern ausreichender Nennströme und hoher Sperrspannungsfestigkeit sowie der technische Vergleich zwischen der Drehstrom- und Gleichstromübertragung und schließlich die gründliche Behandlung des Schaltproblems mit den praktischen Lösungsmöglichkeiten durch den Kondensatorschalter. Das Buch vermittelt dem aufmerksamen Leser eine Fülle von Anregungen für die Lösung von weiteren Problemen insbesondere auf übertragungstechnischem Gebiete.

Die Fachwelt ist dem Verfasser für dieses grundlegende Werk über die Gleichstromübertragung sehr dankbar und erhofft hierdurch einen neuen Impuls für die Wiederaufnahme der durch die Zeitverhältnisse unterbrochenen Entwicklungsarbeiten. Das auch in drucktechnischer Hinsicht gut ausgestattete Buch kann allen an der Energie-Weitübertragung interessierten Fachkreisen allerbestens empfohlen werden.

Erich Schulze

DK 621.313.1.002.2 (023.3)

**Konstruktion elektrischer Maschinen.** Von C. v. Dobbeler (Leitfaden der Elektrotechnik, Bd. III. Hrsg. Moeller-Werr). Mit 178 S., 732 B., Format 16×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950. Preis Glw. 12,— DM.

Band III des Leitfadens der Elektrotechnik, eine Neuerscheinung in der Reihe von Teubners Fachbüchern für Maschinenbau und Elektrotechnik, enthält die Konstruktionselemente des Elektromaschinenbaues. Der Inhalt ist nicht nach Maschinenarten gegliedert, sondern es werden die gleichartigen Bestandteile der verschiedenen Maschinengattungen zusammenfassend behandelt.

Kap. A enthält eine anschauliche Gegenüberstellung der Längs- und Querschnitte (diese als Schattenrisse) der verschiedenen elektrischen Maschinen. Bei der Gleichstrommaschine und dem Einankerumformer sollte der Vollständigkeit halber auch das Joch als magnetischer Rückschluß gezeichnet sein. In den folgenden Hauptkapiteln werden dargestellt und beschrieben: Die Läufer (Blechpaketläufer, Polräder, Turboläufer) mit der Befestigung ihrer Wicklungen (Kap. B), die verschiedenen Ständerbauformen von Drehstrom- und Gleichstrommaschinen mit ihren Polen und Wicklungen (Kap. C), die Stromzuführungen zu Ständern und Läufern (Schleifringe und Stromwender), darunter auch ein Abschnitt über Bürsten und Bürstenhalter (Kap. D) und die Gleit- und Wälzlager von waagerechten und senkrechten Maschinen (Kap. E). Im Schluß-Kap. F werden anschaulich die verschiedenen Belüftungsarten der Maschinen gegenübergestellt.

v. Dobbeler hat sich zur Aufgabe gestellt, „die Formgebung jedes Einzelteiles und damit die die Formgebung der ganzen Maschine bedingenden Prinzipien klarzustellen, um dadurch zu zeigen, wie sich für den konkreten Fall ganz zwangsläufig meist nur eine einzige oder ganz wenige Lösungen, aber nicht eine Vielfalt willkürlicher Lösungsmöglichkeiten ergeben“. Trotz der durch den Umfang des Buches bedingten knappen Behandlung des Stoffes (Festigkeitsberechnungen fehlen) ist dem Verfasser dieses Vorhaben meisterhaft geglückt. Die 732 klaren Abbildungen stützen sich auf die bewährten Konstruktionen führender Elektromaschinenbauunternehmen. Die Gegenüberstellung der verschiedenen konstruktiven Lösungsmöglichkeiten wird daher nicht nur dem Anfänger ein guter Wegweiser sein, sondern auch den erfahrenen Konstrukteur interessieren. Die Abbildungen führen die Nummern der Seitenzahlen, was das Auffinden bei Hinweisen sehr erleichtert. Das kleine handliche Buch über die Konstruktion elektrischer Maschinen ist ein gelungenes Werk, das verbreitete Aufnahme finden wird.

M. Zorn

DK 621.316.5 (022.3)

**Relaisbuch.** Bearb. v. Dr.-Ing. M. Walter. 4., erw. Aufl. Hrsg. Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke. Mit 308 S., 190 B., Format 16×24 cm. Francksche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis Glw. 20,— DM.

Das Erscheinen der neuen, erweiterten Auflage dieses in Fachkreisen allenthalben geschätzten Buches wird zweifellos allgemein begrüßt werden. Die Darstellung ist wie bei allen Büchern des bekannten Verfassers klar und leicht verständlich. Sie wird unterstützt durch zahlreiche Abbildungen und prägnante Prinzipschaubilder. Das Buch ist damit nicht nur ein bequemer Ratgeber für den Planungs- und Betriebsingenieur, sondern auch zur Einführung von Studierenden in das interessante und vielseitige Spezialgebiet der Schutzrelais und -Systeme für Hochspannungsanlagen besonders geeignet.

Der Verfasser hat sich mit voller Absicht auf die Besprechung des Grundsätzlichen und allgemein Gültigen beschränkt. Dem spezieller Interessierten ermöglichen reichhaltige Hinweise auf die einschlägige Fachliteratur ein vertieftes Eindringen. Das Buch ist deshalb, obwohl es zunächst mit dem Jahre 1940 abschließt, in keiner Weise überholt. Eine Reihe von Photos praktisch ausgeführter Relais wurde durch die neuesten Typen der einzelnen Firmen ersetzt. Als Nachtrag ist ein Überblick über die Weiterentwicklung in den Kriegs- und Nachkriegsjahren 1940 ... 1950 gegeben, der auch Hinweise auf alle bedeutenderen modernen Veröffentlichungen in der Fachliteratur enthält. Abschließend setzt sich der Verfasser in dankenswerter Weise für eine sorgfältige Pflege und Unterhaltung der Schutzeinrichtungen auch in mittleren und kleineren Anlagen ein, die in jedem Falle durch besonders geschulte Kräfte unter Leitung eines ziel-

bewußten und technisch hochwertigen Ingenieurs erfolgen sollte.

Das aktuelle Buch wird sich wiederum sehr bald einen großen Freundeskreis erwerben.

H. Gutmann

DK 621.86/.87 (023.5)

**Hebe- und Förderanlagen.** Von Prof. Dr.-Ing. H. Aumund u. Dr.-Ing. habil. H. Knaut. 3., neubearb. Aufl. Mit 214 S., 222 B., 15 Taf., Format 20×27,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 25,50.

Das zweibändige Werk Aumunds (2. Auflage 1925, 923 S. und 720 B.) über Hebe- und Förderanlagen nahm in der Fördertechnik-Literatur insofern eine verdienstvolle Sonderstellung ein, als es weitgehende Unterlagen über Anschaffungs- und Betriebskosten der beschriebenen Förderanlagen enthielt und somit wertvolle Unterlagen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen darbot. Dieses Werk liegt nun stark gekürzt in einer 3. neu bearbeiteten Auflage vor. Darin werden folgende Gruppen von Fördermitteln beschrieben: I. die Bahnförderung mit einzeln oder zugweise bewegten Fördergefäßen, II. die Dauerförderer, III. die mit den Fördervorrichtungen in Verbindung stehenden Behälteranlagen und ihre Verschlusseinrichtungen, IV. die Hubförderer und V. die Entladung von Schüttgütern aus offenen Eisenbahnwagen.

Die Neubearbeitung beschränkt sich im wesentlichen auf eine Kürzung der vorhergehenden Auflage. Der größte Teil der Abbildungen ist der zweiten oder auch noch der ersten Auflage entnommen. Sie stammen also größtenteils noch aus der Zeit vor 1925 oder 1916 und können daher, soweit sie konstruktive Einzelheiten wiedergeben, nicht dem heutigen Stand der Konstruktionstechnik entsprechen, der besonders durch Fortschritte im Getriebebau und in der Schweißtechnik gekennzeichnet ist. Als Neukonstruktionen der Aumund-Fördererbau-G.m.b.H. bemerkenswert sind Eisenbahn-Wagenkipper sowie ein Schlepplattensystem mit Umwendung der Platten an den Kopfenden, so daß gleichzeitig mit dem Untertrum in entgegengesetzter Richtung gefördert werden kann. Das Kapitel über die Förderung im Wasser- und Luftstrom, welche in den letzten Jahren einen besonderen Aufschwung genommen hat, ist leider ganz fortgefallen. Ebenso ist es bedauerlich, daß die sehr reichhaltige Literaturübersicht der vorhergehenden Auflage — wohl durch die schwierigen Zeitverhältnisse bedingt — nicht fortgesetzt wurde. Für die Gruppe der Dauerförderer sind Ansätze für das Berechnen der Antriebsleistung gegeben. Im übrigen sollen Berechnungen einem evtl. später erscheinenden Buch vorbehalten sein. Am Schluß sind für 13 verschiedene Fördermittel Zahlenangaben gemacht über die vom Förderweg und der stündlichen Förderleistung abhängigen Gesamtförderkosten pro Tonnenkilometer. Da die Unterlagen hierfür ebenfalls bereits aus der Zeit vor 1916 stammen, können die Zahlen — wie auch die Verfasser betonen — höchstens zu Vergleichszwecken benutzt werden, wenn man annimmt, daß sich die Kosten für Werkstoffe, Löhne und Energie seither in ähnlichem Verhältnis entwickelt haben.

F. Dreher

DK 621.3.004.67 (023.2)

**Die Technik der Fehlersuche in elektrischen Anlagen.** Von Max Blöthner. Mit 168 S., 80 B., zahlreichen Taf., Format DIN A 5. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle a. S. 1951. Preis kart. DM 5,90, geb. DM 7,10.

Über Fehler und Störungen mit Erfolg zu schreiben ist ein schwieriges Unterfangen, denn die Voraussetzung ist eine außergewöhnlich umfangreiche und vielseitige Erfahrung. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Verfasser den Versuch gewagt hat, die Technik der Fehlersuche darzulegen, und man kann sagen, er ist ihm gelungen. Man darf zwar nicht erwarten, ein vollständiges Rezeptbuch zu finden. Das ist naturgemäß unmöglich. Der Verfasser faßt das Problem anders an. In origineller Weise gibt er eine Anleitung, wie man einen Fehler angehen muß, um die Ursache möglichst schnell zu ergründen und damit die Abhilfe zu finden. Dies ist ja letzten Endes der Zweck der Fehlersuche.

Das Buch gliedert sich in 3 Teile. Im 1. Teil wird in sehr anschaulicher Weise an vielen Beispielen gezeigt, wie durch richtige Überlegung der zweckmäßige Ansatzpunkt der Untersuchung zu finden ist, die dann durch Augen-schein, Befragung und Messung zur Feststellung führt, woraus sich die Folgerung ergibt und die Abhilfe hergeleitet werden kann. Im 2. Teil werden die Grundlagen (z. B. Messungen) und Einzelerscheinungen an den verschiedensten Geräten usw. ebenfalls an Hand zahl-

reicher Beispiele erläutert. Der 3. Teil, in dem eine große Zahl von Störungerscheinungen mit mutmaßlichen Ursachen sowie den Abhilfemaßnahmen zusammengestellt sind, ist ein Wegweiser, der schon zur Klärung vieler Fehler führen dürfte. In einem Anhang sind zahlreiche nützliche Werte und Hinweise zu finden.

Die Darstellung ist frisch und daher auch dem weniger wissenschaftlich gebildeten verständlich. Schwierige Probleme („Ingenieurfälle“) bleiben dem entsprechend Vorgebildeten vorbehalten. Das Buch kann daher in der Hand eines Betriebs-Ingenieurs sowohl wie auch eines aufgeschlossenen Betriebs-Elektrikers vielen Nutzen bringen.

G. O. Fischer

DK 629.1 022.1

**Die mechanisch-technologischen Prüfverfahren und ihre Anwendung.** Von K. Schönert und R. Eschelbach (Praktische Metallprüfung, Bd. 1). Mit 274 S., 206 B., Format 16×22 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1950. Preis kart. 24,— DM, Glw. 28,— DM.

In dem Buch werden ausführlich beschrieben die mechanischen und technologischen Prüfverfahren, die Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung, die gebräuchlichen Prüfverfahren in der Pulvermetallurgie, des weiteren die Werkstoffabnahme und die innerbetriebliche Werkstoffkontrolle. Es werden — ohne auf wissenschaftliche Probleme einzugehen — jeweils die bekanntesten Prüfverfahren, deren Anwendungsmöglichkeit sowie die Beurteilung der Prüfergebnisse behandelt, wobei auf die Wechselwirkung zwischen den mechanischen Eigenschaften und der Gefügebildung einerseits und der chemischen Zusammensetzung andererseits immer wieder hingewiesen wird.

Die Verfasser haben hiermit ein Lehrwerk geschaffen, das die vielseitige Arbeit des im praktischen Beruf tätigen Werkstoffprüfers zu erleichtern vermag. Dem Betriebsingenieur kann vor allem der zweite Teil des Buches mit den Kapiteln über technologische Prüfung, ferner Werkstoffabnahme und Werkstoffkontrolle wertvolle Anregung geben.

K. Wellingert

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

**Einführung in die symbolische Methode der Wechselstromtechnik.** Von Prof. Dr. Otto Müller. 5. Aufl. Mit 138 S., 36 B., Format DIN A 5. Fernbuchverlag GmbH., Leipzig 1951. Preis kart. 4,95 DM.

**Fernsehen für alle.** Von Heinz Richter. Mit 262 S., 127 B., Format 13,5×20 cm. Francksche Verlagshandlung, Stuttgart 1951. Preis kart. 9,80 DM.

**Das Stichprobenverfahren, insbesondere in der amtlichen Statistik.** Von Dr. H. Kellerer. Statistische Fabrikationskontrolle. Von M. P. Geppert. Sonderdruck aus dem Allgemeinen Statistischen Archiv 34 (1950) S. 291...316. Mit 26 S., Format 16,5×23,5 cm. Hrsch. Arbeitsausschuß für Statistische Qualitätskontrolle.

**Catalogue of Books and Periodicals in German.** Mit 63 S., Format 14×21 cm. The Library of the German Language, London 1951.

**Books and Periodicals Catalog 1951.** Mit 62 S., Format 14×21 cm. Interscience Publishers, Inc., 250 Fifth Avenue, New York 1.

**30 Jahre Bayerwerk AG, 1921—1951.** Mit 211 S., zahlr. B., Format 21×30 cm, auf Kunstdruckpapier. Hrsch. Bayerwerk AG., München

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 7.** Inhalt: W. Schöberl, Die Wirkungshöhe troposphärischer Inversionsschichten bei Ultraschwellen-Ausbreitung; H. Müller, Betriebsüberwachung und Planung von Fernsprechanlagen; H. Schmitzger, Über die Herstellung nichtübertragbarer elektronischer Dämpfungen mit Wanderfeldröhren; H. Wetzorke, Ein Meßgerät für schwach dämpfende Übertragungssysteme; Reichel, Über neue amerikanische Richtlinien für die Messung von Fernseh-Übertragungsgrößen; K. O. Schmidt, Antennen für Richtfunkanlagen; F. Wetzorke, Ein theoretischer Versuch zur Eliminierung der Pfeifstörungen im Überlagerungsempfänger; M. Kreuzer, Die experimentelle Darstellung modulierter Ströme und ihre veranschaulichende Betrachtung an Hand eines einfachen Versuchsaufbaues; F. Bergmann, Über die Breitenstreuung von Strahlergruppen.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. Alexander Kellerer, Frankfurt/M.-Ginnheim, Pflugstr. 14  
Prof. Dr.-Ing. O. Löbl, Essen, RWE-Hauptverwaltung  
Dr.-Ing. habil. Walter Schilling, Wolfenbüttel, Campestr. 23

Abschluß des Heftes: 20. Juli 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 1144. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 1144, Postfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 14. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Fernruf 1144, DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj.) zuzügl. Zustellgebühr. Druck: F. W. Rubens, Unna 1. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. August 1951

Heft 16

## VDE-Jahresversammlung 1951 in Hannover\*

Von K. Humburg, Hannover

DK 621.3:061,2 (061.3)

Die Jahresversammlung 1951 stand unter dem Zeichen der Fernmeldetechnik. Wenn auch die Mitglieder des VDE überwiegend aus den Kreisen der Starkstromtechnik stammen, so ist doch die Zahl der Fernmelde-Ingenieure in den Reihen des Verbandes immer mehr angestiegen, und es erheben sich die Forderungen, einmal mehr als sonst zu betonen, daß der Verband auf möglichst enge Fühlung und gute Zusammenarbeit der beiden Hauptfachrichtungen der Elektrotechnik den größten Wert legt. Deshalb war der Hauptvortrag dem Gebiet der Fernmeldetechnik entnommen und auch von den 10 Gruppen der Fachberichte gehörten 7 zur Fernmeldetechnik. Ebenso wurden bei den Betriebsbesichtigungen in Hannover und bei den Exkursionen mehrere fernmeldetechnische Fabrikationsstätten und Betriebsanlagen berücksichtigt.

Der hervorragendste Vertreter der Fernmeldetechnik im VDE ist der Vorsitzende des Verbandes, Ministerialdirigent Karl Herz. Er ist in seiner Person geradezu ein Symbol für die Verbindung der beiden Fachrichtungen. Denn er ist aus der Starkstromtechnik hervorgegangen und hat sich erst später der Fernmeldetechnik zugewendet, dann aber dort große Erfolge gehabt und Bahnbrechendes besonders auf dem Gebiet der Fernkabel geleistet. Die Technische Hochschule Hannover nahm deshalb die Verbandstagung in Hannover zum Anlaß, ihm in Anerkennung seiner Verdienste um den Wiederaufbau des deutschen Fernmeldewesens nach dem Zusammenbruch und um den Verband Deutscher Elektrotechniker die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber zu verleihen. Die Verleihung wurde in einer schlichten Feier an der Hochschule am Montag, dem 11. Juni vollzogen und am Dienstag, dem 12. Juni in der Hauptversammlung durch den Prorektor der Technischen Hochschule, Prof. Dr. Eckert, bekanntgegeben. Die Verleihungsurkunde hat folgenden Wortlaut:

Rektor und Senat der  
Technischen Hochschule  
Hannover

verleihen durch diese Urkunde auf einstimmigen  
Beschluß der Fakultät für Maschinenwesen  
Herrn Ministerialdirigenten

DIPL.-ING. KARL HERZ  
in Frankfurt/Main

in Anerkennung seiner Verdienste um den Wiederaufbau des deutschen Fernmeldewesens nach dem Zusammenbruch und Förderung der deutschen Fernmeldetechnik und seiner Verdienste um den Verband Deutscher Elektrotechniker die akademische Würde

DOKTOR-INGENIEUR  
EHRENHALBER

Hannover / den 12. März 1951  
Rektor und Senat  
der Techn. Hochschule Hannover  
Großmann

Inzwischen hatte die Tagung am Montag, dem 11. Juni mit einer Vorstandssitzung und den Sitzungen des Technischen Ausschusses, des Prüfstellen-Ausschusses und des Zeitschriften-Ausschusses begonnen. Nach der Vorstandssitzung am Montagnachmittag folgte die Delegiertenversammlung. Schon für die Vorstandssitzung und die Ausschusssitzungen hatte die Stadtverwaltung geeignete Räume im Rathaus zur Verfügung gestellt. Für die Delegiertenversammlung hatte sie sogar den großen Ratssitzungssaal, den schönsten Saal des Rathauses, bestimmt. Oberbürgermeister Weber bekundete sein Interesse an der Tagung dadurch, daß er persönlich bei Beginn dieser Versammlung die Delegierten begrüßte und jedem eine Mappe mit Druckschriften zum Andenken an Hannover überreichen ließ. Dann trat die Delegiertenversammlung in die sachliche Arbeit ein. Sie nahm den Vorstandsbericht des Vorsitzenden und den Geschäfts- und Kassenbericht des Generalsekretärs entgegen und erteilte dem Vorstand Entlastung. Der bisherige Vorstand wurde mit überwältigender Mehrheit, zum Teil einstimmig, wiedergewählt und wird sein Amt noch bis zum Ende des Jahres 1952 weiterführen. Als Ort für die Jahresversammlung 1952 wurde München gewählt, als Zeit Mitte September.

Der Verband hat in den 58 Jahren seines Bestehens bisher 20 Ehrenmitglieder ernannt, von denen nur zwei, Oberbaurat a. D. Clemens Paulus und Geheimer Hofrat Professor Dr.-Ing. Johann Ossanna, noch am Leben sind. Auf Vorschlag des Vorstandes beschloß die Delegiertenversammlung in diesem Jahr wieder 2 hochverdiente Mitglieder zu Ehrenmitgliedern zu ernennen, nämlich Prof. Dr.-Ing. e. h. Fritz Emde, Stuttgart, den erfolgreichen Erforscher der theoretischen Grundlagen der Elektrotechnik und Generaldirektor a. D. Dr.-Ing. Arthur Koepchen, Essen, den Erbauer und Leiter großer Werke und den Vater der Verbundwirtschaft. Die Ernennungsurkunden haben folgenden Wortlaut:

Der Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.  
ernennt den hervorragenden Wegbereiter der Lehre vom elektromagnetischen Feld und erfolgreichen Hochschullehrer,

sein vieljähriges Mitglied,  
Herrn

Prof. Dr.-Ing. E. h., Dr. techn. E. h.

FRITZ EMDE

wegen seiner ungewöhnlich fruchtbaren Arbeiten über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik sowie seiner besonderen Verdienste um die Förderung der angewandten Mathematik zu seinem  
Ehrenmitglied.

Hannover (Frankfurt/M) am 11. 6. 51

\* Der laut Verbandssatzung (§ 7) vorgesehene Bericht über die Jahreshauptversammlung ist in diesem Gesamtbericht des Herrn Professor Humburg enthalten.

Herz

Lauster

Der Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.  
ernennt den hervorragenden Elektrizitätswirtschaftler,  
den Schöpfer der modernen Verbundwirtschaft,  
sein vieljähriges Mitglied,

Herrn

Generaldirektor i. R., Dr.-Ing. E. h.

ARTHUR KOEPCHEN

wegen seiner führenden Pionierleistungen beim Ausbau  
von Großkraftwerken und der Übertragung elektrischer  
Energien mit höchsten Spannungen über weite Räume zu  
seinem

Ehrenmitglied.

Hannover (Frankfurt/M) am 11. 6. 51

Die Hauptversammlung fand am Dienstag, dem 12. Juni  
statt in der lichtdurchfluteten Niedersachsenhalle, die für 3000  
Personen Platz bietet. Das Collegium musicum der Techn. Hoch-  
schule Hannover sorgte für einen festlichen Rahmen, indem  
es zu Beginn der Veranstaltungen die Prometheus-Ouvertüre  
von Beethoven und später einen Satz aus einer Haydn-  
Symphonie vortrug. Der Vorsitzende, Präsident Dr. Herz,  
begräußte die Vertreter der Bundes- und Landesbehörden, der  
Stadt und der Hochschule, sowie alle Gäste und Mitglieder  
des VDE und gab dann die am Vortage beschlossenen Ehrun-  
gen bekannt. Weitere Begrüßungsansprachen hielten der  
Oberbürgermeister der Stadt Hannover, der Bundespost-  
minister Schubert, Ministerialrat Prof. Mössner als  
Vertreter der Landesregierung, Prof. Dr. K. W. Wagner  
als Vertreter des Deutschen Verbandes technisch-wissen-  
schaftlicher Vereine und der Prorektor der Technischen Hoch-  
schule Hannover, Prof. Dr. Deckert, als Vertreter des  
erkrankten Rektors.

Den Hauptvortrag hielt Prof. Dr.-Ing. Karl Küpfmüller  
über „die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen“.  
Er verstand es, das umfangreiche Gebiet, welches  
die Drahtfernmeldetechnik und die Hochfrequenztechnik um-  
faßt und verwendet wird für Telegraphie und Telephonie,  
Rundfunk und Lautsprecheranlagen, Bildtelegraphie und  
Fernsehen, Fernmeß- und Fernwirkanlagen, so klar und an-  
schaulich darzustellen, daß auch diejenigen Hörer, die als  
Starkstromingenieure nicht so vertraut mit diesen Dingen  
sind, vom Anfang bis Ende mit Interesse folgen konnten.  
Besonderen Beifall fanden einige Magnetophonbandvor-  
führungen. Sie zeigten die Güte der Sprachwiedergabe über  
Kabelverbindungen bis zu 8500 km Entfernung und gaben  
ein vom Vortragenden mit einem Teilnehmer in New York  
auf drahtlosem Wege geführtes Gespräch wieder, welches  
im Einvernehmen mit beiden Gesprächspartnern im Ver-  
stärkeramt Frankfurt auf Band aufgenommen worden war.  
Der Vortrag wurde unterstützt durch zahlreiche Bilder,  
welche nicht wie sonst üblich als Lichtbilder vorgeführt wur-  
den, weil der Saal nicht verdunkelt werden konnte, sondern  
vorher durch Druck vervielfältigt und jedem Besucher in die  
Hand gegeben worden waren. Dieses Verfahren wurde all-  
gemein als nachahmenswert empfunden, weil dabei alle  
Hörer die Bilder gleich gut erkennen können, was bei Licht-  
bildern in einem so großen Saal und bei einer so großen  
Hörerschaft meist nicht gelingt, weil sie auch ein vorher ge-  
zeigtes Bild im weiteren Verlauf des Vortrages gelegentlich  
wieder betrachten konnten, weil sie die Bilder nachher als  
Gedächtnisstütze mit nach Hause nehmen konnten, und weil  
die lebendige Wirkung der Rede nicht durch Verdunkelung  
des Saales gestört zu werden brauchte. Reicher Beifall dankte  
dem Vortragenden.

Nach dem Vortrag erstatteten der Vorsitzende Min-  
Dir. Dr. Herz den Jahresbericht, der Generalsekretär  
Dr. Lauster den Geschäftsbericht und Kassenbericht.

Am Nachmittag des gleichen Tages begannen die Fach-  
berichte, über welche ebenso wie über den Hauptvortrag an  
anderer Stelle dieses Heftes ausführlicher berichtet wird.  
Die Fachberichte waren in 20 Gruppen eingeteilt und fanden  
gleichzeitig in 4 Hörsälen der Techn. Hochschule an 5 Halb-

tagen vom Dienstagnachmittag bis Donnerstagnach-  
mittag statt. An jedem Halbtage und in jedem Saal folgten 3 Vor-  
träge aufeinander. Die Fachberichte waren durchweg gut be-  
sucht, und vielfach mußten Notsitze in Anspruch genommen  
werden. Aber nur in einem Fall war der Andrang so groß,  
daß nicht alle Einlaß finden konnten, die den Vortrag be-  
wollten. Sonst verteilten sich die Hörer recht gut auf die  
4 Hörsäle.

Neben der fachlichen Arbeit kam auch der gesell-  
schaftliche Teil der Tagung nicht zu kurz. Am Dienstag, dem  
12. Juni, versammelten sich die Tagungsteilnehmer zu einem  
Gesellschaftsabend in der Niedersachsenhalle, in der am  
Vormittag die Hauptversammlung stattgefunden hatte. Es  
waren 120 Tische zu je 14 Plätzen aufgestellt worden, so-  
es verblieb doch noch eine genügend große Tanzfläche, so-  
daß die Galerie, die für den Notfall in Reserve blieb, in An-  
spruch genommen werden mußte. Der Abend wurde durch  
Darbietungen hannoverscher Künstler belebt, von denen vor-  
 allem die Vorführungen einer Tanzgruppe reichen Beifall  
fanden. Sonst aber diente der Abend vor allem der gegensei-  
tigen Begrüßung alter Bekannter und der Anknüpfung  
neuer Bekanntschaften. Er dauerte in angeregter Form bis  
zum frühen Morgen. Am Mittwochabend wurden Theater-  
vorstellungen in beiden Häusern des hannoverschen Land-  
theaters geboten. Besonders die Fledermaus, die mit einer  
elektrotechnischen Pointen des „Frosch“ gewürzt war, fand  
reichen Beifall.

Der Ausflug nach Pymont am Donnerstagnachmittag  
der hauptsächlich für die Damen vorgesehen war, war  
auch von zahlreichen Herren mitgemacht. Gerade am  
Nachmittag und Abend war auch vom Wettergott beson-  
ders begünstigt. Stark besucht waren auch die hannoverschen  
Betriebe, die sich zur Besichtigung zur Verfügung gestellt  
hatten, insbesondere diejenigen, die auch für die Damen  
vorgesehen waren.

Schon am Donnerstag begannen auch die größeren Ex-  
kursionen mit einem Ausflug nach Düşhorn bei Fallingb.  
Dort hat die Hann.-Braunschweigische Stromversorgungs-  
eine neuartige Tonfrequenz-Fernsteuerungsanlage er-  
baut, die für das Zusammenwirken von Fernmeldetechnik und  
Starkstromtechnik typisch ist. Der Andrang zu dieser Ex-  
kursion war ganz besonders stark. Obwohl das Werk ursprüng-  
lich nur 100 Teilnehmer zulassen wollte, haben dann  
mehr als 200 Personen an der Besichtigung teilgenommen.  
Viele mußten noch zurückgewiesen werden. Im Anschluß  
diese Besichtigung waren die Teilnehmer noch lange in einer  
stimmungsvollen „Haus der Heidmark“ beisammen. Das  
alte niedersächsische Bauernhaus ist im alten Heides  
eine Art Museum eingerichtet. Die geräumige Diele ist ein  
Platz für festliche Veranstaltungen, jedoch dem Saal des  
Hauses entsprechend, auch wenn Elektrotechniker zu Besuch  
kommen, nur mit Kerzenbeleuchtung.

Die größeren Exkursionen waren auf den Freitag ab-  
gesetzt. Auch hier war eine rein fernmeldetechnische Ex-  
kursion eingeschlossen, zur Übersee-Funkempfangsstelle La-  
de der Deutschen Bundespost. Im übrigen wurden an diesen  
Tage vor allem einige größere Kraftwerke besichtigt.  
Großkraftwerk Lahde der Preuß. Elektrizitäts-AG war die  
Ziel einer dieser Exkursionen. Es ist erst zu Anfang dieses  
Jahres mit 120 MW in Betrieb gekommen. Das Kraftwerk  
Rhumspringe der Preuß. Elektr. AG ist zwar nicht neu,  
neue, zeigte aber, wie auch unter ungünstigen Verhältnissen  
in Räumen, die zu ganz anderen Zwecken errichtet sind,  
ein älteres Industriekraftwerk sehr geschickt zu einem neuen  
Kraftwerk für die öffentliche Stromversorgung umzu-  
gestalten werden kann. Das Kraftwerk Osthannover in Altgammern  
Hamburgischen Elektrizitätswerken gehörig, welches ebenfalls  
das Ziel einer Exkursion war, ist dagegen wieder durch den  
Druck durch die Großzügigkeit seines Aufbaues in der  
Vollkommenheit seiner Einrichtungen. Es ist abhän-  
gig von der Lahde zunächst mit halber Leistung (hier 140 MW) in  
Betrieb. Geplant ist in beiden Fällen eine spätere Ver-  
doppelung dieser Leistung. Neben diesen Kraftwerken ist



ers noch die Fahrt zum Volkswagenwerk in Wolfsburg zu erwähnen. Sie sollte ursprünglich am Sonnabend stattfinden und wurde dann auf Wunsch des Werkes auf den Freitag verlegt. Da gerade für diese Exkursion auch sehr zahlreiche Anmeldungen vorlagen, ließ sich die Leitung des Werkes ankenswerter Weise dann doch noch herbei, nicht nur den Sonnabend wieder zur Verfügung zu stellen, sondern darüber die inzwischen auf den Freitag angesetzte Exkursion auch noch ablaufen zu lassen. Obwohl hier, abgesehen von dem mit dem Werk verbundenen kleineren Kraftwerk, keine speziell elektrotechnischen Einrichtungen gezeigt wurden, waren die Teilnehmer doch alle tief beeindruckt von der Großartigkeit und Zweckmäßigkeit der Fabrikanlage. Alle diese Besichtigungsfahrten gaben auch Gelegenheit, die landchaftlichen Schönheiten des niedersächsischen Gebietes kennenzulernen. Die Rückfahrt von Altgarge und Lüchow führte mitten durch die Lüneburger Heide, die von Lahde durch die Weserberge und die von Rhumspringe durch den Harz. Eine Gewitterstörung, die an diesem Tag unser Gebiet über-

querte, brachte nur im Harz stärkere Regenfälle, die aber die Stimmung der Teilnehmer nicht beeinträchtigen konnten.

Auch der letzte Tag der Woche war noch für Exkursionen in Anspruch genommen. Außer der schon oben erwähnten zweiten Fahrt zum Volkswagenwerk in Wolfsburg fanden an diesem Tag noch zwei kleinere Exkursionen statt, die eine zur AEG-Zählerfabrik in Hameln und zum Kraftwerk Afferde der Wesertal GmbH, die andere zum Umspannwerk Lehrte der Preuß. Elektr. AG. Die Befürchtung, daß an diesem letzten Tage die meisten Teilnehmer schon abgereist sein würden, bewahrheitete sich nicht. Auch diese Exkursionen waren noch stark besucht und eine Reihe von Teilnehmern konnte sich auch dann noch nicht trennen, sondern blieb in Hannover in fröhlichem Kreise noch lange beisammen.

Den Verwaltungen der besichtigten Werke, die es sich viel Mühe hatten kosten lassen, den VDE-Mitgliedern Schönes und Interessantes zu zeigen und die Fahrten so angenehm wie möglich zu gestalten, sei auch an dieser Stelle der Dank des VDE ausgesprochen.

## Die Fachberichte

### Fachgruppe A: Elektromaschinen

Einführender: Prof. Dr. E. Kübler, Blaubeuren

1. W. Leukert, Berlin: Wirkungsgrad und Modellauslegung bei wasserstoffgekühlten Maschinen. — Ausgehend von den Versuchsergebnissen mit einem wasserstoffgekühlten 10 MVA-Versuchsgenerator untersuchte der Vortragende Hand in Hand von einigen Rechnungsbeispielen vergleichend, in welchem Ausmaß man von der möglichen Leistungssteigerung mit Rücksicht auf das Betriebsverhalten und die Betriebssicherheit der Maschine Gebrauch machen soll. Daraus ergeben sich die folgenden Empfehlungen:

Bei Turbogeneratoren von 3000 U/min te man vom Standpunkt der Betriebssicherheit die durch Wasserstoffkühlung mögliche Leistungssteigerung nicht in Anspruch nehmen und sich mit etwa 20% begnügen, die Erwärmung um etwa 10° herabzusetzen und einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Betrieb mit erhöhtem Wasserstoffdruck sollte man nur bei gelegentlichen Überlastungen anwenden (Dichtungsschwierigkeiten). Die Wasserstoffkühlung ist ab 50 MVA Einheitsleistung wirtschaftlich.

Bei Blindleistungsmaschinen der Schenkelbauart dagegen wäre eine möglichst hoch ausgenützte Maschine mit erhöhtem Wasserstoffdruck von etwa 40% Leistungssteigerung zu wählen, da der Wasserstoffüberdruck keine Schwierigkeiten ergibt und Herabsetzung der Erwärmung nicht erforderlich ist.

Auch für Bahntransformer 50/16% Hz ist die hohe Ausnutzung bei erhöhtem Wasserstoffdruck zweckmäßig (niedriger Jahreswirkungsgrad, niedrigste Erstellungskosten).

2. F. Moldenhauer, Berlin: Wasserstoffkühlung elektrischer Maschinen. — Dieser Fachbericht befaßte sich mit den Problemen der Wasserstoffkühlung für die Maschine. In einem Rückblick auf die historische Entwicklung wurden die physikalischen Grundlagen der Wasserstoffkühlung die daraus sich für die Maschine ergebenden Vorteile eingehend behandelt. Für den Gewinn an Wirkungsgrad ist die Beziehung genannt:

$$\Delta \eta = 0,64 + 0,42 \frac{N(\text{MVA})}{100} [\%].$$

Vortragende besprach dann die durch die Wasserstoffkühlung bedingten konstruktiven Besonderheiten und Über-

wachungseinrichtungen, sowie die Maßnahmen zur Inbetriebnahme und des Außerbetriebsetzens. Zum Schluß wurde die Möglichkeit genannt, das Erwärmungsniveau der Maschine durch Regelung der Kühlwassertemperatur und des Wasserstoffdruckes in Abhängigkeit vom Induktorstrom auf konstanter Höhe zu halten.

3. H. Böcker, Mannheim: Der Entwicklungsstand im Großtransformatorenbau. — Der moderne Großtransformator enthält sehr interessante Lösungen der Bauprobleme, die sich im Zuge der Entwicklung ergaben. Die Ausführungen von Herrn Böcker interessieren besonders auch im Hinblick auf die Transformatoren für die künftige 400 kV-Übertragung.

### Fachgruppe B: Schaltanlagen und Netze

Einführender: Obering. Dipl.-Ing. R. Mestermann, Hannover

Nach kurzem Hinweis darauf, daß die Fachgruppe in dem alten Hörsaal tage, in dem schon der von Generationen von Studenten der Elektrotechnik verehrte Prof. Wilhelm Kohlrusch jahrzehntelang lehrte, für seine Schüler eine unerschöpfliche Quelle menschlichen und technischen Reichtums, führte der Einführende zunächst aus, daß auf dem Gebiet des Schaltanlagenbaues einerseits zwar schon eine sehr weitgehende Vereinheitlichung erreicht ist, daß jedoch andererseits u. a. wegen der noch nicht bis zur letzten Ausreifung gediehenen Angleichung der Bauformen der einzelnen Schaltanlagenteile trotzdem auch das Aufbauprinzip und die Bauformen der Schaltanlagen noch Unterschiede aufweisen. Der wesentlichste Unterschied zwischen den in- und ausländischen Anlagen bestehe bekanntlich bezüglich der Nullpunktserdung, und so beeinflussten einerseits die induktive Erdung durch Erdschlußspulen in Deutschland, andererseits die starre, widerstandlose oder niederohmige Erdung in den Ländern mit amerikanischer Praxis weitgehend die Anlagen einschließlich Schutztechnik, Isolation, Anforderungen an die Schalter, Phasentrennung und dergleichen mehr. Auf der anderen Seite sei z. B. bezüglich der gekapselten Mittelspannungs-Schaltanlagen in Anlehnung an die Vorläufer in Deutschland, England und den USA vor allem in der letzten Zeit eine erfreuliche Befruchtung durch die amerikanische Praxis festzustellen.

1. K. Reiske, Erlangen: Gekapselte Schaltanlagen, ihre Grenzen und ihr Anwendungsgebiet. — In dem Span-

nungs- und Leistungsbereich bis 10 kV und 200 MVA bietet die fabrikfertig in Serienfertigung hergestellte stahlblechgekapselte Schaltanlage mit ausziehbaren Leistungsschaltern große Vorteile, wahrscheinlich auch bei Anlagen der Reihe 20. Für Schaltanlagen höherer Spannung dürften jedoch gekapselte Anlagen nicht mehr wirtschaftlich herstellbar sein. Die gekapselten Einheiten können am Verwendungsort baukastenartig mit einem Minimum an Montagearbeiten zusammengestellt oder mit beliebiger Aufteilung unmittelbar im Schwerpunkt des Bedarfs zusammengestellt werden. Nur etwa 40...50% des Raumbedarfs der offenen Anlagen, Fortfall besonderer Betriebsräume, völliger Berührungsschutz gegen spannungsführende Teile auch bei ausgefahrenen Leistungsschaltern — falls z. B. die einzelnen Schalteinheiten einer Kontrolle und Überholung unterzogen werden —, weitgehend freizügige Standortwahl und mögliche Dezentralisierung, Luftisolation statt der früher verwendeten Öl- bzw. Masseisolation, praktisch 100%iger Verschmutzungsschutz, leichte Auswechselbarkeit, beliebige Erweiterungsfähigkeit usw. sind die besonderen Merkmale dieser Bauart.

In der sehr regen Diskussion wurden u. a. Fragen der Schwitzwasserbildung und der Anwendbarkeit solcher gekapselter Anlagen in u. U. stark verschmutzten Räumen, wie z. B. in der Nähe von Kohlenmühlen in Kraftwerken mit Staubkesseln, behandelt und der Appell des Vortragenden bezüglich Zurückstellung zu weit gehender Sonderwünsche, d. h. Beschränkung der Anzahl der Ausführungen, unterstützt, um wirklich eine wirtschaftliche Serienfertigung und entsprechend niedrige Preise zu erzielen.

2. G. Meiners, Berlin: Neuerungen im Schaltanlagenbau. — Der Fachbericht behandelte vor allem neuartige, geländesparende Bauformen für Schaltanlagen bis zu den höchsten Spannungen von 400 und 500 kV. Im Gegensatz zum Mittelspannungsgebiet — etwa 30 kV — kann man bei den höchsten Betriebsspannungen zur Beherrschung der Kurzschlußleistungen mit Sammelschienen-Drosselspulen allein auskommen, ohne Abzweig-Drosselspulen zu benötigen. Bei 100 und 200 kV führt eine Netzaufteilung zwecks Begrenzung der Kurzschlußleistung zu einer großen Anzahl von 4...6 Sammelschienen. Die sogenannte klassische Bauform, die portallose Reihenbauweise, die in den USA entwickelte „Wolkenkratzer“-Bauform u. a. wurden einander gegenübergestellt. Besonders die Anwendung des bereits 1942 entwickelten Einpunkt-Scheren-Trennschalters ermöglicht es nach den Ausführungen des Vortragenden, mit sehr geringen Abmessungen auszukommen. Auch in diesem Fachbericht wurden Neuerungen auf dem Gebiete der Schrankanlagen behandelt, und zwar sowohl für Innenraum- als auch für Freiluft-Aufstellung einschließlich Netztransformatorenstationen mit versenktem Transformator bei Anordnung des Transformators im Erdreich, ohne ein Bauwerk zu benötigen.

In der Aussprache wurde der klassischen deutschen Bauform in Höchstspannungs-Schaltanlagen noch einmal die klassische amerikanische Bauform gegenübergestellt, an die Vorläufer der Schaltungen zur Begrenzung der Kurzschlußleistungen erinnert („synchronizing at the load“)<sup>1</sup> und Einzelfragen u. a. bezüglich des Einpunkt-Scherentrennschalters (Beherrschung der Vereisungen), des Stromschienenkanals (Zugänglichkeit) und der Relaiswarten erörtert.

3. U. Fischer, Berlin: Analyse und Synthese der Vorgänge beim Abschalten leerlaufender Hochspannungsleitungen. — Das Abschalten leerlaufender 220 kV-Leitungen in induktiv geerdeten Netzen führte in Deutschland zu gefährlichen Überspannungen, Überschlagen, Zerstörungen und Betriebsausfällen. Am gefährlichsten erwies sich das Abschalten der letzten leerlaufenden Leitung von einer kurzen Sammelschiene. In starr geerdeten Netzen sind dagegen beträchtlich geringere Überspannungen zu erwarten. Der Vortragende berichtete über Untersuchungen, die es gestatten, die außerordentlich komplizierten Abschaltvorgänge am Reißbrett synthetisch aufzubauen, d. h. die Untersuchungen ohne Netzversuche durchzuführen. Hierbei lassen sich vor allem die Eigenschaften der Schalter festlegen, die das Schalten leerlaufender Leitungen gefahrloser machen, d. h. die gefürchteten Rückzündungen, elektrischen Aufschaukelvorgänge und Sternpunktschwingungen, die im einzelnen behandelt werden, vermindern.

Auch diese Untersuchungen tragen dazu bei, daß man heute für Betriebsspannungen von 220 kV und darüber den Betrieb bei starrer Erdung für zweckmäßiger hält als mit induktiver Erdung.

Eine außerordentlich rege Aussprache zeigte das große Interesse, das den im Fachbericht behandelten Erscheinungen entgegengebracht wurde. Wertvolle Hinweise waren u. a. in Erwähnung der in Frankreich gemachten Versuche gegeben, und es wurde an die Fachwelt appelliert, möglichst jede Geheimniskrämerei fallen zu lassen, es nur dann möglich sei, eine Wahrheitsfindung in der Zusammenarbeit zu erreichen, die auch eine mögliche wirtschaftliche Ausnutzung der zur Verfügung gestellten Möglichkeiten erlaubt. In der zum Schluß dargelegten Ansicht, daß durch solche theoretischen Untersuchungen keineswegs der Wert der praktisch aufgenommenen Oszillogrammzurücktritt, sondern vielmehr beide Methoden sich gegenseitig ergänzen, bestand volle Übereinstimmung.

### Fachgruppe C I: Kabel

Einführender: Prof. Dr. W. Vogel, Köln

1. O. Gasser, Erlangen-Berlin: Prüfung von Hochspannungskabeln unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsbeanspruchungen. — Der Vortragende zeigte, daß bisherigen VDE-Prüfungen nicht hinreichend sind, weil Durchschlagfestigkeit der meisten Kabelisolationen mit zunehmender Dauer der Beanspruchung stark abfällt. Wie auch in den VDE-Vorschriften Prüfzeiten bis 60 min vorgesehen sind, im Gegensatz zu den 1...5 min dauernden Prüfungen von Transformatoren, Maschinen, Schaltern usw. ist trotzdem an der tatsächlichen Zuverlässigkeit kaum viel gewonnen. Dazu kommt, daß Ölkabel, Druck- und ähnliche richtig erst nach der Verlegung geprüft werden können, weil vorher ohne Einschalten der Kompressionsmaßnahmen das Dielektrikum ohnehin schlecht sei. Wird daher die Gleichspannungsprüfung vorgeschlagen, praktisch nicht zeitabhängig ist, und auch bei sehr hoher Beanspruchung, im Gegensatz zur Wechselspannung, nicht mehr rückgängig zu machenden Beschädigungen des Dielektrikums mit sich bringt. Außerdem kann man an demselben Kabel auch gleichzeitig die Sicherheit der Gammaprüfen. Der Aufwand für eine Gleichspannungs-Prüfung ist relativ gering. Mit wenigen kW kommt man bei den meisten Gleichrichterschaltungen aus. Des weiteren ermöglicht der Vortragende die Messung des Verlustwinkelverlaufs fertiger Kabelanlage mittels transportabler, selbst aufgestellter Scheringbrücke, wobei die Betriebsspannung zum Aufladen und zum Decken der Leerlaufverluste herangezogen wird. Den Betrag der dielektrischen Verluste zu messen ist schon auf jeden Fall wichtig. Aus dem Spannungsverlustwinkel, der allerdings bei modernen Höchstspannungskabeln praktisch spannungsunabhängig sein sollte, bei Massekabeln nicht immer eine sichere Aussage zu machen.

2. W. Claubnitzer, Köln: Aluminiummanteel-Starkstromkabeln für Nieder- und Hochspannung. — Vortragende beschäftigt sich mit dem Ersatz der Bleimanteelkabeln durch Aluminiummanteelkabeln. Die technischen Schwierigkeiten der Herstellung von Aluminiummanteeln liegen vor allem in der hohen Festigkeit bei Raumtemperatur, so daß man Temperaturen von rund 400 °C in der Rohrpresse haben muß. Mit anderen gearteten Pressen und geeigneten Kühlvorrichtungen für das Kabel gelingt es heute, auch aus normalem Aluminiummanteel ohne Beschädigung der Isolation zu arbeiten. Die höhere Festigkeit des Aluminiummanteels ist vorteilhaft für Höchstspannungskabel, die mit Innendruck arbeiten, für Hochfrequenzkabel von Vorteil.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man das Aluminium in ein vorgepreßtes Rohr einzieht und dann das Rohr in eine Ziehbankvorrichtung verjüngt und somit auf das gewünschte Maß aufschumpft. Des weiteren werden einige Unterarten der mechanischen Eigenschaften der Aluminiummanteelkabeln ihres Korrosionsschutzes gebracht.

3. Andresen, Hannover: Über einen neuen Bleimanteelkabelmantel. — Ebenso wie Claubnitzer befaßte sich Andresen mit dem Ersatz des Kabel-Bleimantels und hat ein neues Verfahren entwickelt:

Aus geeignetem Eisenband (Tiefziehblech oder Nichteisenlegierungen) wird zunächst durch Wälzwerkzeuge ein elektrisches Schweißen ein Rohr gebildet und dieses dann durch eine Stauchvorrichtung gewellt. Auch hier ist eine wesentliche Steigerung der Innenfestigkeit wie bei Aluminiumrohr nachzuweisen. Die Biegsamkeit eines Wellrohr-Mantels ist außerordentlich groß; weiter

<sup>1</sup> R. Mestermann: VDE-Fachber. 1929, S. 25.

tragende Korrosionsschutzstoffe entwickelt, die auch das Eisen gegen jede Art von Bodenangriffen schützen.

Die beiden Vorschläge sind schon in Musteranlagen ausgearbeitet und warten auf ihre Bewährung in der Praxis.

### Fachgruppe C II: Isolatoren

Einführender: Prof. Dr.-Ing. P. Böning, Porz/Rhein

1. H. L ä p p l e, Berlin: Zur Bemessung und Gestaltung von Innenraum-Isolatoren. — Die Ausführungen gehen davon aus, welches Isoliervermögen als ausreichend zu betrachten ist, und welche äußeren Bedingungen in Betriebsräumen vorliegen sind. Nachdem die elektrischen Elemente bei der Bemessung, die Spannungsart, Spannungshöhe und Prüfdauer zu berücksichtigen sind, wird auf die Betriebsbedingungs-elemente der Prüfung näher eingegangen. Es handelt sich um die Berücksichtigung des Luftdruckes, der Temperatur, Feuchtigkeit, Unterkühlung, Betauung, Verschmutzung und Staubabreicherung, wobei der Einfluß der elektrischen Felder gestreift wird. Die äußeren Einflüsse führen zu einem kritischen Zustand des Isolators. Auf Grund der eingehenden Betrachtung wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, wirklichkeitsnahe Prüfverfahren zu ermitteln und neue Grundsätze bei der Bemessung und Gestaltung der Innenraumisolatoren aufzustellen.

Der Bericht löste eine lebhafte Aussprache aus, die sich bereits ausgeführte Untersuchungen bezog, und die erkennen ließ, daß die Ansichten auf diesem Gebiet noch nicht vollkommen übereinstimmen.

2. K. S c h a u d i n n, Hohenbrunn: Groß-Porzellanstützer abgeschmolzenen Innenraum für Hochspannungsanlagen. — Der derzeitige Stand der Konstruktion, Fertigung und Prüfung keramischer Hochspannungsstützer für 60 kV darüber mit abgeschmolzenem, gasgefülltem Hohlraum ist geschildert. Über das Füllen des Innenraumes mit Stickstoff und das Abschmelzen bei innerem Gasdruck werden genaue Angaben gemacht. Darauf folgen Hinweise auf die richtige Prüfung nach dem Abschmelzen. Vergleichsweise werden einige andere keramische Stützerbauarten betrachtet. Abschließend wird ein Ausblick gegeben auf die Anwendungsmöglichkeiten der Stützer mit abgeschlossenem Innenraum in 400 kV-Anlagen.

3. H. D o r n, Lauf: Die Metallisierung keramischer Formteile für Hartlötung oder mehrfache Weichlötung. — Es wurde davon ausgegangen, daß mit der Versilberung, die allgemein in der keramischen Industrie Eingang gefunden hat, noch nicht alle Forderungen erfüllt worden sind. Wird nämlich eine aufgebrannte Silberschicht zu heiß oder zu lange gelötet, dann legiert sich das Lötzinn mit dem Silber, der gesamte Metallbelag löst sich vom keramischen Substratstoff ab. Eine Hartlösung ist überhaupt nicht möglich. Gedessen sucht man nach einem Metall, das eine festere Weich- und hartlötfähige Metallschicht darstellt. Versuche haben ergeben, daß insbesondere Karbonyleisen sich gut geeignet ist. Es werden 3 Verfahren beschrieben, die die Eisenschicht auf den keramischen Körper aufzubrennen, wobei die Vorzüge und Nachteile gegeneinander abgegrenzt werden. Die bisher durchgeführten Untersuchungen erkennen, daß sich mit diesen Eisenschichten Weich- und Hartlötungen ausführen lassen, ohne daß die Schwierigkeiten wie bei Silber (und auch bei Platin) auftreten. Die verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten von Metall und keramischem Werkstoff können durch geeignete Gestaltung der Lötstelle angenähert ausgeglichen werden. Eine besondere Frage ist die der Korrosionsfestigkeit der eisenmetallischen Körper. Ein dünner Kupferüberzug gewährleistet einen genügenden Korrosionsschutz und verbessert überdies die Lötbarkeit.

### Fachgruppe D: Schaltgeräte und Überspannungsschutz

Einführender: Dir. W e b e r, Berlin

1. J. M ö l l e r, Heidelberg: Kurzschlußfeste Motorschutzschalter. — Zum Abschalten großer Kurzschlußströme müssen Strom-Selbstschaltern Sicherungen vorgeschaltet werden. Es wird angestrebt, einen Schalter zu entwickeln, der an beliebig starkes Netz ohne vorgeschaltete Sicherung gelegt werden kann, wobei die bisher üblichen Abmessungen nicht überschritten werden sollen. Zur Begrenzung des Kurzschlußstromes auf Werte (rd. 2500 A), die vom Motorschalter sicher bewältigt werden, wird der Widerstand des Schalters, insbesondere die Induktivität der Blasen, erhöht.

Durch konstruktive Maßnahmen wurde die Blasenbildung wesentlich verbessert; außerdem ergab die Wahl eines geeigneten Materials (Legierung Kupfer-Silber-Cadmium) ein sehr günstiges Verhalten der Kontakte beim Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß.

2. G. K i r c h, Berlin: Neue Bauformen der Expansions-schalter. — Die heute angewandte Säulentype erfüllt die Forderung nach verschiedenartiger Leitungsführung und guter Zugänglichkeit wichtiger Bauelemente. Konstruktive Maßnahmen, wie Einbau von Einschaltfedern, Einbau von Stromschaltern, parallel zum Leistungsschalter und Weiterentwicklung der Löschkammer, erweiterten die Reihe der Standard-Bauformen, denen sich Sonderbauformen für Schlagwetterbetrieb, für geschottete Schalteinheiten usw. anfügen.

Schalter über 60 kV enthalten zur Beherrschung der Isolierprobleme Öl als Löschflüssigkeit. Durch laufende Weiterentwicklung entstand ein 100 kV-Schalter, der eine Abschaltleistung von 4000 MVA hat sowie ein Getriebe, das außer dem Schaltstift nur noch rotierende Massen aufweist. Dieses Getriebe wird auch bei einem 220 kV-Leistungsschalter verwendet, der aus Stützisolator mit aufgesetzter Leistungskammer und seitlich unter einem Winkel von 45° auskragender Reststromkammer besteht. Der Entwurf eines 400 kV-Expansions-schalters sieht die Verwendung von 2 hintereinandergeschalteten 220 kV-Schaltern vor, die lediglich gegen Erde höher isoliert sind.

3. F. P a r s c h a l k, Mannheim: Überspannungsableiter im Rahmen der Isolationskoordination von Hochspannungsanlagen. — Durch Isolationskoordination sollen die von atmosphärischen Überspannungen herrührenden Überschläge auf Stellen beschränkt werden, an denen sie möglichst keinen Schaden anrichten. Zu diesem Zweck wird die Abstufung der Isolation in drei Pegel angestrebt, von denen der unterste Überspannungsableiter umfaßt.

Der Überspannungsableiter enthält eine Funkenstrecke und damit in Reihe liegend spannungsabhängige Widerstandselemente. Beim Zünden der Funkenstrecke fließt ein Strom nach Erde, der an den Widerstandselementen einen Spannungsabfall, die sogenannte Restspannung zur Folge hat und den Ableitstrom begrenzt. Der Wahl der Ansprech- und Restspannung ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Zur Festlegung des Begriffes „Restspannung“ wurde in die Leitsätze des SEV der Begriff „Nennableitvermögen“ eingeführt. Der Ableiter muß auch Ströme ableiten können, die über dem Nennableitvermögen liegen (Grenzableitvermögen).

Um die Anlagen weitgehend zu schützen, sind Einbauort (Freileitung, Transformator, Generator, Nullpunkte usw.) und Ansprechspannung gegeneinander abzustimmen.

### Fachgruppe E: Antriebe und Lichttechnik

Einführender: Dr.-Ing. habil. W. K r ä m e r, Fröndenberg (Ruhr)

1. G. L e m c k e, Mannheim: Entwicklung und Stand der Technik von elektrischen Fördererichtungen für Bergwerke. — Der Gleichstrommotor in Leonardschaltung ist heute der überwiegende Antrieb für große Schachtfördermaschinen, Fördermotoren bis 3000 ... 3500 kW, offen oder fremdbelüftet, Umformgruppen für 750 ... 500 U/min durchzugs- oder fremdbelüftet mit gefilterter Zuluft sind kennzeichnend für den derzeitigen Stand der Technik. Wesentlich ist die Entwicklung der Steuerung, die, wie z. Zt. überall in der Antriebs-technik, eine Erhöhung der Förderleistung durch Halb- oder Vollautomatisierung anstrebt. Die „Rapid-Exakt“-Steuerung trägt dieser Entwicklung Rechnung. Sie beruht auf einem Sollwert-Istwert-Vergleich der Drehzahl durch Schnellregler unter Strombegrenzung und benutzt einen Teil der Erregerwicklung der Generatorerregermaschine für die Regelung, den anderen für die Steuerung bei sehr hoher Ansprechgeschwindigkeit und unter Beibehaltung der elektrischen Retardierung als zusätzliche Sicherung. Gleichförmige und hohe betriebsmäßige Bremsbeschleunigungen erfordern besonders zuverlässige Sicherheitsbremsen, die, ohne daß die Seilrutschgrenze erreicht wird, in jeder Betriebsphase stärkere Verzögerungen beherrschen müssen als die betriebsmäßige elektrische Bremsung. Das völlig schwingungsfreie Einfallen der Sicherheitsbremse gewinnt dadurch noch größere Bedeutung. Die vereinzelte Einführung der Vollautomatisierung im Ausland stellt auch in Deutschland diese Frage zur Debatte. Ihre Beantwortung ist Sache der Zechen, die Ausführungsmöglichkeit ist gegeben.

2. H. J o r d a n : Elektromagnetische Schwingantriebe. — Bei der Einführung elektromagnetischer Schwingantriebe handelt es sich nicht um einen Ersatz der bekannten Unwuchterreger durch einen Elektromagneten, sondern um die Verwendung schwingungsfähiger Zweimassensysteme, bei denen der Erreger zusammen mit den Koppelfedern eine konstruktive Einheit bildet. Solche Anordnungen haben den Vorteil, daß man durch geeignete Wahl der Abstimmung die elektromagnetische Antriebskraft wesentlich kleiner halten kann, als die zur Erzielung einer bestimmten Ausschlagsamplitude erforderliche Massenkraft. Mit Rücksicht auf die Einsparung von Blindstrom wird so abgestimmt, daß die feste Antriebsfrequenz unterhalb der Eigenfrequenz des Systems liegt. Die Ausschlagsamplitude läßt sich durch Vorschalten von Drosselpulen oder ohmschen Widerständen in weiten Grenzen ändern. Die Systeme arbeiten nahezu geräuschlos und bieten die Möglichkeit eines gruppenweisen synchronen Zusammenarbeitens. Elektromagnetische Erreger dienen zum Antrieb von Rüttelformen und Rütteltischen in der Bauindustrie. In der chemischen Industrie kommen neben der Bunkerrüttlung vorwiegend Antriebe für Förder- und Dosierrienen und in neuester Zeit auch für Siebe in Frage.

### Fachgruppe F I: Elektrowärme

Einführender: Dipl.-Ing. H. M a s u k o w i t z, Frankfurt a. M.

Der Einführende stellt fest, daß Gedankenaustausch und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Elektrowärmetechnik in den letzten Jahren erfreuliche Fortschritte gemacht haben. Die internationale Zusammenarbeit kommt in der baldigen Neuherausgabe des Gebietes DK 621.365 „Elektrowärme“ der universellen Dezimalklassifikation, den Vorbereitungen zu einem Literaturtausch und zum dritten internationalen Elektrowärme-Kongreß 1953 in Paris zum Ausdruck. Das Elektrowärmemuseum Langenberg hat zahlreiche Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der industriellen und häuslichen Elektrowärme durchgeführt und aufgenommen.

Die VDE-Kommission 0720 „Elektrowärme“ hat ihre mehrjährigen Arbeiten zur Neuherausgabe der Vorschrift 0720 in Anpassung an die CEE-Vorschriften nahezu abgeschlossen. Unterkommissionen für industrielle Elektrowärme haben das Gebiet der Lichtbogenöfen in Angriff genommen und neue Vorschriften für explosionsgefährdete Lacktrockenöfen abgeschlossen.

Normungsarbeiten wurden in zahlreichen FNE-Ausschüssen für Haushaltelektrowärme und dem FNE 224 für industrielle Ofen weitergeführt.

Bei der technischen Entwicklung wurde außer den Themen der Vortragsreihe hingewiesen auf die Beherrschung von Netzstörungen durch Lichtbogenöfen, die erfolgreiche Weiterverbreitung der NF- und MF-Metallschmelzöfen mit großer Abbrandersparnis, Tunnelöfen für Keramik und Email, Glasschmelzöfen, Infrarotwärme zum Trocknen der verschiedensten Stoffe, dielektrische Erwärmung, Holz Trocknung und Regelprobleme.

1. W. S o r g e n i c h t, Langenberg: Induktive Erwärmung ferromagnetischer Stähle mit Netzfrequenz. — Während für die induktive Erwärmung in Schmelzöfen und für die Härtung (also im nicht magnetischen Gebiet) genügende Berechnungsunterlagen und Erfahrungen vorliegen, trifft dies für magnetische Stähle im Temperaturgebiet bis 600 °C nicht zu, so daß diese jetzt experimentell ermittelt wurden. An Proben von 40×56 mm aus Werkzeugstahl mit 0,61% C zeigte sich mit steigendem Strombelag ein etwa quadratischer Anstieg der Einsatzeleistung bis zum Grenzwert bei der magnetischen Sättigung. Bei 7 Proben von 30 ... 100 mm Dmr. steigt der Wirkungsgrad mit zunehmendem Strombelag schwach, mit steigendem Durchmesser jedoch stark (von 24 bis 70%) an. Weitere Versuche mit verschiedenem Verhältnis Länge/Durchmesser mit und ohne Eisenschluß zeigten große Unterschiede des Wirkungsgrades (39 ... 88,5%) und der Einlatzeleistung (1,0 ... 74 W/cm<sup>2</sup>). Ohne Eisenschluß steigen Wirkungsgrad und Leistung bei steigender Länge erheblich. Der Einfluß des Strombelages ist geringer. Abschließend zeigen Temperaturkurven eines Bolzens von 80 mm Dmr. × 95 mm nach einer Erwärmung von nur 4,5 min einen Unterschied von Kern- und Randtemperatur von nur mehr 5%. Der Wirkungsgrad ist wieder bis zur Sättigungsgrenze konstant und fällt dann ab.

2. K. K e g e l, Berlin: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Induktions-Härtemaschinen. — Nach Erwähnung der großen Vorteile der induktiven Oberflächenhärtung wie lokale Erhitzung, Genauigkeit, Einschaltung in den Fabrika-

tionsgang wurden die elektrotechnischen Grundlagen wie Glühübertrager, Heizleiter, Eindringtiefe, Vektordiagramm, Luftabstände, Kühlung behandelt. Neuere Erhitzungskurven von Stahlplatten wurden mit der außerordentlichen Leistungsdichte von 6,5 kW/cm<sup>2</sup> aufgenommen.

Ein erfolgreicher Einsatz derartiger Maschinen erfordert Automatisierung, Genauigkeit, exakte Reihenfolge, leichte Bedienbarkeit, einfache Spannvorrichtungen und Einzelmaschinen. Bei der Kurbelwellenhärtung hat sich das Strahlverfahren bewährt. Zahnräder werden heute nur noch in der Massenfertigung unter Modul 2 nach dem „Allzahn-Härtungsverfahren“ behandelt, da sich die kontinuierliche „Zahnflankenhärtung“ wegen der größeren Anpassungsfähigkeit immer mehr durchsetzt. Neuzeitliche Maschinen, auch für Leinwandhärtung wurden beschrieben. Die Stahlsorten und Wirtschaftlichkeit wurden erörtert.

3. F. W a l t e r, Berlin: Die Anwendung elektrischer Energie hoher Stromstärken in Elektrothermie und Elektromechanik. — Die letzte Entwicklung hat Ofengrößen für den Einsatz von 100 t und 25 000 kVA Anschlußleistung und Karbid, Ferrolegierungen usw. sogar bis zu 50 000 kVA schaffen. Derartige Anlagen erfordern Stromleitungen mit 100 000 A, in welchen durch bestimmte Bedingungen gleichmäßige und unzulässige Erwärmung sowie Selbstentzündung vermieden werden müssen. Der Wechselstromzustand ist eine Funktion des Dämpfungsmaßes  $\beta d$  im Streifen bzw. des Verhältnisses der Schienenstärke zur Eindringtiefe. Deshalb nimmt er nur zunächst im umgekehrten Verhältnis zur Schienenstärke ab und erreicht je nach Frequenz bei 7 ... 15 mm Grenzwerte. Bei Einzelelementen ist Skin-Effekt zu beachten. Bis zum Dämpfungsmaß 1 ist die Stromverteilung gleichmäßig und konstant. In diesem Bereich ist die Schienendicke gleich der Eindringtiefe, welche bei Kupfer bei Wechselstrom 50 Hz etwa 9,6 mm beträgt. Die zweckmäßige Schienenstärke für die Praxis bei Schienenbündeln sollen die Stärke von 15 mm bei Kupfer und 20 mm bei Aluminium nicht überschreiten.

Zur Vermeidung störender Verluste an Selbstinduktion werden die Stromleiter einer Phase übereinandergelagert, durch konnte der Selbstinduktionskoeffizient auf 1000 cm gegenüber früher 10 000 ... 20 000 cm herabgesetzt werden.

Dann wurden die Gesetze der Energieumsetzung in Lichtbogen abgeleitet und die gewonnenen Ergebnisse bei der Untersuchung einer Lichtbogen-Ofenanlage für 12 t Stahl bei 4 500 kVA angewendet.

### Fachgruppe F II: Elektrowärme

Einführender: Prof. Dr.-Ing. Harald M ü l l e r, Langenberg (Rhld.).

Im Gegensatz zu der Fachgruppe F I Elektrowärme bei der als Grundzug für alle Fachberichte die Veranschaulichung im magnetischen Wechselfeld angesprochen werden konnte, faßte die Gruppe F II Berichte aus den verschiedensten Gebieten zusammen.

1. T. v. H a u t e v i l l e, Stuttgart: Das Wärmeleitverfahren. — Der Vortragende sprach über impulsgeleitete Schweißen von Kunststoffen. Wenn der Verlustfaktor  $\tan \delta$  Folie für eine wirksame Erwärmung im hochfrequenten Kondensatorfeld zu klein ist, muß man eine Erwärmung außerhalb vornehmen, indem man die zusammengepressten Schweißbacken durch zeitlich dosierte elektrische Energie heizt. Dieses Verfahren hat Ähnlichkeit mit dem von O. Z d r a l e k und W r a n a <sup>1</sup> entwickelten Drahtschweißverfahren mittels Kondensatorentladung, bei dem eine dosierte Menge elektrischer Energie örtlich in Wärme verwandelt wird. Der Bericht zeigte, daß der Weg der Schweißung bei dünnen Kunststofffolien mit sehr hohem Verlustfaktor erfolgreich beschränkt werden ist.

Für bestimmte Fälle ist die Berechnung von Wärmeleitgängen entweder nicht durchführbar oder aber sehr schwierig. Ernst S c h m i d t hat unabhängig von L. B i n d e r s Verfahren in seiner Dissertation bereits angewandt für Wärmevorgänge ein Differenzenquotientenverfahren, graphischer Lösung angeben. Einen weiteren Weg zeigt die Analogieverfahren dar, deren neuestes von W. B e u k e n s c h e Verfahren ist. Bei diesem wird eine C-Feldschaltung als Bildschaltung für Wärmeleitungs- und Sperr-

<sup>1</sup> O. Z d r a l e k und J. W r a n a : ETZ 56 (1935) S. 579

gänge, sowie für die Behandlung von Wärmeübergangsverhältnissen verwandt und aus einer Gleichspannungsquelle gespeist.

2. K. H. Brokmeier, Dortmund: Möglichkeiten der Modelluntersuchung in der Wärmeleitungsforschung. — Der vom Vortragenden durchgerechnete Weg, anstelle der bislang üblichen große Kondensatoren und hohe Widerstände zu verwenden<sup>2</sup>, wozu ihm der Einführende riet, ergab nicht nur die Möglichkeit, auf diesem Weg zu einem recht handlichen Modell zu kommen, sondern erlaubte auch, erstmalig ein Beukenmodell mit veränderbaren Kondensatoren und Widerständen zu bauen. Damit können, um ein Beispiel zu nennen, die günstigsten Staffellungen von geschichteten Wärmedämmstoffen experimentell in wenigen Minuten bestimmt werden. Somit übernimmt das Modell Aufgaben, deren Lösung Rechengeräten vorbehalten ist.

3. H. Rademacher, Essen: Mögliche Falschmessungen des Verbrauchs von Elektroden-Durchlauferhitzern. — Es ergibt sich, daß selbst bei Übergangsströmen, die praktisch nie zugelassen werden dürften, und die auch nur als weit über den zuverlässigen Grenzwerten liegend zu betrachten sind, die Fehlmessung nicht die Fehlergrenzen der Zähler überschreitet. Eine rechnerische Lösung erscheint mit Rücksicht darauf, daß der Elektroden-Durchlauferhitzer wegen der verhältnismäßig kleinen Abstände, wegen der ungleichmäßigen Ablagerung von Kesselstein und wegen der sich dauernd ändernden Leitfähigkeit des Wassers mit der Zeit und mit der Wassertemperatur, nicht zu so klaren Ergebnissen führt wie der Versuch, nicht zuverlässig.

### Fachgruppe G: Steuerung und Regelung

Einführender: Prof. Dr.-Ing. G. Lesch, Karlsruhe

Die Elektrotechnik stellt mannigfache Möglichkeiten zur Verfügung, um irgendwelche technische Vorgänge selbsttätig zu steuern, maschinelle Einrichtungen automatisch in einen bestimmten Betriebszustand zu bringen oder Betriebsgrößen automatisch zu regeln. Dabei kommt es darauf an, daß die angewandte Methode einfach und klar und die Ausführung übersichtlich und betriebssicher bleibt.

1. W. Schilling, Wolfenbüttel: Transduktoren. — Der Vortragende behandelte den elektromagnetischen Verstärker, der als statisches Gerät geeignet erscheint, in manchen Fällen an die Stelle elektronischer Steuerungen zu treten. Er ermöglicht sowohl die Sperrung in einer Stromrichtung, als auch die Verstärkung des Steuerimpulses. Es wurden die drei Möglichkeiten behandelt: Die „Induktivitätssteuerung“, bei der die Induktivität der Drosselspule mittels Gleichstrom-Vormagnetisierung geändert wird. Wesentlich geringere Modellgrößen erlaubt die „Strombegrenzungssteuerung“, bei der der Betriebspunkt höher in das Sättigungsgebiet verlegt ist. Die vom Vortragenden so genannte „Sättigungswinkelsteuerung“ verwendet Trockengleichrichter-Ventile in Reihe mit den Transduktorelementen und erzielt dadurch wesentlich größere Verstärkungsziffern.

2. Curion, Erlangen: Fortschritte in der Selbststeuerung von Wasserkraftanlagen. — Der Bericht wies auf die Vorteile der Einschaltung einer niedrigeren Steuerspannung von 24 oder 42 V hin, die durch Steuerzwischenrelais, Ubrigelungsrelais und Kleinspannungswandler durchführbar sind. Am Beispiel des Parallelschaltgeräts wurde die vorteilhafte Ausnutzung solcher Maßnahmen gezeigt.

3. Förster, Berlin: Neues Verfahren zur Steuerung eines stromrichtergespeisten Umkehrantriebes. — Der Vortragende behandelte diese besonders aktuelle und zunächst für den weiteren Ausbau großer Walzenstraßenanlagen wichtige Methode der Speisung und Steuerung von Kraftantrieben großer Leistung. Beim Bremsen und bei der Drehrichtungs-Umkehr muß bei Verwendung der Eingefäßschaltung in Schalter im Hauptstromkreis des Gleichstrom-Antriebsmotors unterbrechen und mit geänderter Polarität den Kreis wieder schließen. Es ist erforderlich, daß dieser Vorgang stromlos und möglichst schnell vollzogen wird. Dazu dient der neu entwickelte Röhrenregler mit magnetischer Rückkopplung, der noch ergänzt werden kann durch Maßnahmen zur selbsttätigen Begrenzung des Ankerstroms und der Beschleunigung.

<sup>2</sup> K. H. Brokmeier: Diss. Braunschweig 1950.

### Fachgruppe H: Fernmeldetechnik in Starkstromanlagen

Einführender: Prof. Dr.-Ing. W. Bader, Stuttgart

Die Schwachstromtechnik ist im Dienste der Energieversorgung an drei Aufgaben beteiligt. Die Fernmeldetechnik umfaßt die Übertragung nicht nur von Gesprächen, sondern auch von Meßwerten, ferner die Fernzählung und die Zustandsmeldung. Die Fernwirktechnik unterscheidet die Einrichtungen zur Fernschaltung im Netz mit Sicherstellung des richtigen Vollzuges und mit Rückmeldung von jenen Fernsteuerungen für Straßenbeleuchtung, Wärmespeicher, Tarifumschaltung u. dgl., bei denen die Ausführung des Befehls nicht geprüft und gemeldet werden kann. Die selbsttätige Fernregelung will den Leistungsfluß im Verbundnetz sowie Spannung und Frequenz richtigstellen.

Für Sender und Empfänger der Fernmeßanlagen haben sich bestimmte, gut erprobte Bauformen herausgebildet. Notwendigkeit und etwaige Vorteile einer im weiteren Umfang angewandten Fernregelung und die zu wählende Regelgröße werden z. T. noch erörtert. In der Fernwirktechnik und in der Technik der Übertragungswege ist die Entwicklung wieder lebhaft in Fluß gekommen.

Für die Ausbildung des Ingenieur Nachwuchses wird gerade durch das Beispiel der Verschmelzung zwischen Schwach- und Starkstromtechnik die Auffassung erneut begründet, daß allzu schroffe Aufgliederung in Fachrichtungen Verständigung und Gemeinschaftsarbeit vereitelt. Da aber die jetzt schon ungesunde Überlastung der Studenten keinesfalls noch erhöht werden darf, kann nur eine Ausbildung nützlich sein, die nach dem Maß der geistigen Anstrengung und weniger nach angeblicher Vollständigkeit in der Stoffdarbietung bewertet wird, welche ausgiebig die technischen und wissenschaftlichen Grundlagen für das künftige angestrebte und nicht zu eng abgegrenzte Arbeitsgebiet vermittelt und den Studierenden durch Einzelausbildung im Laboratorium oder am Reißbrett ein planmäßiges Verfahren technischer Entwicklung nahelegt.

1. A. Denhardt, Hannover: Entwicklungsrichtungen im Betriebsfernmeldewesen der Elektrizitätsversorgung. — An Hand eines Überblicks über die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung wird gezeigt, daß im letzten Teil der Entwicklung eine Diskrepanz zwischen der Entwicklung der Starkstromeinrichtungen und der zu ihrer Lenkung notwendigen Fernmeldeeinrichtungen sich abzuzeichnen beginnt.

Es wird herausgestellt, daß zur Beseitigung der beginnenden Mangelerscheinung einmal das richtige Maß zwischen Aufwand für das Wachstum der Starkstromeinrichtungen und der Betriebsfernmeldeeinrichtungen wieder gefunden werden muß, und daß zum anderen für die Weiterentwicklung allgemein gültige Ordnungsrichtlinien aus den Betriebsforderungen heraus entwickelt werden müssen.

An Hand des ziemlich unorganischen Wachstums der Sprechnetze wurden nach dem Beispiel der Basa und der Fernwahltechnik der Post die Notwendigkeit und Möglichkeit der Einführung der Netzgruppentechnik für EVU-Betriebe klargestellt.

Abschließend wurden die Entwicklungstendenzen auf dem Gebiet der Kanaltechnik erörtert. Hervorgehoben wurden insbesondere die Möglichkeiten, die durch die Neuentwicklung der TF-Technik des Meterwellenfunks für bewegliche Dienste und des Richtfunks für die Elektrizitätsversorgung gegeben sind. Die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung zur Erzielung betrieblich geeigneter Lösungen ist besonders zu betonen.

2. A. de Quervain, Mannheim: Leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragung längs Hochspannungsleitungen nach dem Einseitenbandverfahren und ihre Mehrfachausnutzung. — Die bestmögliche Ausnutzung des Trägerfrequenzspektrums von rd. 50...300 kHz für die Nachrichtenkanäle ist mit Rücksicht auf die Aufgaben, die der Verbundbetrieb in den nächsten Jahren stellen wird, unbedingt erforderlich. Dies bedingt für die Sprachübertragung auf alle Fälle die Anwendung des Einseitenbandverfahrens. Bei der zu erwartenden dichten Packung der Kanäle ist es nicht zu vermeiden, daß trotz Sperrung von trägerfrequenten Abschnitten Empfangskanäle durch Sendekanäle, die frequenzmäßig benachbart liegen, gestört werden können. Nur drastische Verminderung der Klirrfaktoren von Sendeverstärkern unter 1‰ erlaubt es, den Einfluß der Summen- und Differenzfrequenzen auf ein erträgliches Maß zu senken.



Eine weitere Gruppe von Störungen in Empfangskanälen entsteht bei der Frequenzumsetzung im Empfänger selbst. Durch besondere Wahl der Kurvenform des umsetzenden Signales im Empfänger kann die Entstehung der Störprodukte von vornherein auf ein erträgliches Maß herabgesetzt werden. Auf Grund dieser Maßnahmen in Sende- und Empfangseinrichtungen von Einseitenband-Anlagen ist es möglich, eine Reihe von Einschränkungen in der Trägerfrequenzwahl fallen zu lassen.

Hand in Hand mit einer dichten Packung des Trägerfrequenzspektrums muß auch die Ausnutzung des Niederfrequenzspektrums gehen. Neben Fernsprechverbindungen sind Fernmessungen der wichtigste zu übertragende Nachrichteninhalt und zwar erfahrungsgemäß meist gebündelt zu 6 ... 12 Fernmeßkanälen. Die Anzeige erfolgt kontinuierlich mit einer Zeitkonstante von rd. 1 s. Der Vorteil der zeitgestaffelten Meßwertübertragung liegt in dem sehr kleinen Aufwand bei größerer Kanalzahl, ferner dem günstigen Verhältnis von Nutz- zu Störsignal.

Einseitenbandgeräte für die lückenlose Belegung des Trägerfrequenzbandes, welche neben der Übertragung von Telefoniekanälen gleichzeitig auch die Übertragung von Fernmeßwerten nach dem beschriebenen Verfahren gestatten, sowie diese Fernmeßeinrichtungen selbst wurden noch näher beschrieben.

3. W. Blum, Hameln: Fernsteuerung in Starkstromnetzen durch Überlagerung tonfrequenter Impulse. — Das in seiner modernen Form neu entwickelte Fernsteuerungsverfahren gestattet, mit Hilfe tonfrequenter Impulse, die dem 50 Hz-Netz über Resonanzkreise aufgedrückt werden, allen Verbrauchern von zentraler Stelle aus zu beliebiger Zeit Schaltbefehle zu übermitteln. Die Vielfalt der Verbraucher erfordert verschiedene Kommandos, die mit nur einer Steuerfrequenz in Verbindung mit einem Wählverfahren (Impulsintervallverfahren) durchgegeben werden.

An Hand des Netzplanes und des Ersatzbildes eines städtischen Kabelnetzes wird die Aufteilung der Spannungen und des Steuerstromes im Netz zahlenmäßig verfolgt. Es zeigt sich bei näherer Betrachtung, daß die Kabelkapazitäten auch bei hohen Frequenzen zur Kompensation der auftretenden induktiven Steuerströme durchaus erwünscht sind. Der Einfluß der im Netz vorhandenen Kondensatoren auf die Ausbreitung der Steuerimpulse wird erörtert. Sowohl einzelne größere Kondensatoren als auch die Vielzahl der kleinen (z. B. Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen) müssen unabhängig von der Frequenz verdrosselt werden. Für die höheren Frequenzen wird die Drossel aber kleiner und billiger.

Die verschiedenen Empfänger unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Art und Weise, wie sie die ankommenden Impulse verarbeiten. — Um die Störmöglichkeiten noch weiter herabzumildern, benutzt ein System den Einspeiseresonanzkreis für die tonfrequenten Impulse während der Sendepausen als Saugkreis.

Praktische Erfahrungen mit solchen Fernsteuerungsverfahren liegen nunmehr über mehrere Jahre in vielen kleinen und großen Netzen vor, sie haben die Betriebssicherheit dieser Anlagen voll erwiesen.

### Fachgruppe I: Funkentstörung

Einführender: Oberpostrat Dr.-Ing. W. Scholz, Darmstadt

1. A. Nowak: Gegenseitige Beeinflussung von Empfängern beim Ultrakurzwellen-Frequenzmodulationsverfahren. — Die unangenehmsten Störer der üblichen Lang- und Mittel- und Kurzwellenbänder treten im UKW-Band nur wenig in Erscheinung. Es machen sich hier hauptsächlich Störungen durch Zündfunken von Verbrennungsmotoren und durch Hochfrequenz-Heilgeräte bemerkbar. Da diese Störquellen durch geeignete Maßnahmen in ihrer Wirksamkeit stark eingeschränkt werden sollen, ist zu erwarten, daß in absehbarer Zeit das UKW-Band weitgehend störungsfrei sein wird.

Um diesen Vorteil möglichst uneingeschränkt zu erhalten, sollten auch gegenseitige Störungen von UKW-Empfängern vermieden werden. Als Störungsursache kommt — abgesehen von Störungen durch Empfänger, welche zu stark rückgekoppelt wurden, oder nach dem Pendelrückkopplungsprinzip arbeiten — eine Ausstrahlung der Oszillatorfrequenz von Überlagerungsempfängern in Frage.

Eine physikalisch einwandfreie Entstörung von UKW-Empfängern stößt auf wirtschaftliche Schwierigkeiten. Man

hat deshalb versucht, festzustellen, welche Störspannungen noch als tragbar angesehen werden können und hat ein einfaches Meßverfahren vorgeschlagen, welches eine Kontrolle der Ausstrahlung über die Empfangsantenne ermöglicht.

2. W. Kebbeler, Erlangen: Funk-Entstörung und Frequenzstabilisierung medizinischer Hochfrequenzgeräte. — Die medizinischen Geräte sind bisher so gebaut worden, daß sie die gestellten medizinischen Forderungen gut erfüllen konnten. Mit der zunehmenden Ausbreitung von Funkdiensten aller Art bis in den Bereich höchster Frequenzen zeigt es sich, daß diese Geräte zu Funkstörungen Anlaß geben und daß deshalb diese Störungen auf ein Mindestmaß reduziert werden mußten. Entsprechend den Empfehlungen der Weltnachrichtenkonferenz von Atlantic City (1947) wurden in verschiedenen Ländern gesetzliche Vorschriften erlassen, die für den Betrieb von HF-Geräten zu nicht-nachrichtentechnische Zwecke bestimmte Frequenzbänder ( $13,56 \text{ MHz} \pm 0,05\%$ ,  $27,12 \text{ MHz} \pm 0,6\%$ ,  $40,68 \text{ MHz} \pm 0,05\%$ ) zur Verfügung stellen.

Die Gerätehersteller sind nunmehr veranlaßt, diese Frequenzbänder einzuhalten und dafür zu sorgen, daß Ausstrahlung bei anderen Frequenzen unterhalb der festgesetzten Höchstwerte bleiben. Es sind deshalb bei der Konstruktion der Geräte Maßnahmen zu treffen, die dies im einzelnen erreichen sollen: a) Funk-Entstörung: 1. Netzentstörung, 2. Herabsetzung der Erzeugung, Auskopplung und Ableitung von Harmonischen. b) Frequenzstabilisierung: 1. Bei  $27,12 \text{ MHz}$  noch als selbsterregte Generation möglich; 2. Bei  $13,56 \text{ u. } 40,68 \text{ MHz}$  nur als fremdgesteuerte Quarzstabilisier-Generatoren. c) Der Betrieb von KW-Therapiegeräten außerhalb zugelassener Frequenzbänder ist zwar bei Verwendung geeigneter konstruierter Schirmkäfige oder abgeschirmter Räume möglich; wird aber in der Praxis keine große Bedeutung erlangen.

3. K. Volk, Stuttgart: Reichweite der Zündentstörung von Kraftfahrzeugen. — Kraftfahrzeuge mit ihrer Zündanlage als Störer sind besonders unangenehm, da der Empfang auf dem UKW-Gebiet von der Atmosphäre und von Kollektorstörern her sehr wenig stör anfällig ist.

Die Zündanlage im Kraftfahrzeug wird näher beschrieben sowie die Ausbreitung der Störungen in der Zündanlage. Neben einer vollkommenen Schirmung, die bis weit verbreitet war, ist die Lösung der Zukunft die Wellenstandsentsorgung.

Messungen auf dem AM- und FM-Gebiet lassen bisshervermuten, daß man eine Störweite von 8 m bei einer modulierten Feldstärke von ungefähr  $1 \text{ mV/m}$  wird schreiben müssen. Erfahrungen hierüber sind noch auf einer Basis notwendig.

Mit Hilfe von Widerstandskerzen und entstörten Teilern wird es auf jeden Fall möglich sein, befriedigende Verhältnisse zu schaffen. Darüber hinaus wird man Störnebel, der ein Kraftfahrzeug umgibt, so weit eindringen können, daß man damit in das Gebiet der bisher als Hüllentstörung hineinkommt.

Nach der Beschreibung der Meßmethoden mit AM- und FM-Empfängern wurde noch auf den Aufbau und die Wirkung von Entstörwiderständen eingegangen. Es zeigt sich, daß lange und dünne Bauform der kurzen und dicken Form vorzuziehen ist, und daß dem Drahtwiderstand infolge seiner geringeren Spannungsabhängigkeit dem Massewiderstand gegenüber entstörtechnisch der Vorzug zu geben ist.

### Fachgruppe KI: Drahtfernmeldetechnik

Einführender: Ministerialrat Dr. H. Düll, Darmstadt

1. D. Thierbach, München: Die Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnet. — Die neuen Tf-Systeme für Fernverkehr sind so gebaut, daß der einzelne Nachrichtenkanal die Übertragung eines genügend breiten Frequenzbandes mit geringer Laufzeitverzerrung und gleichmäßigem Übertragungsfaktor sowie mit sehr kleinem Klirrfaktor bei ausreichendem Geräuschabstand gestattet. Um große Übertragungsbündel zu schalten, ist die Anwendung des Wellenstroms in der Frequenzlage  $12 \dots 252 \text{ kHz}$  zweckmäßig. Auf einer symmetrischen Kabelleitung die Übertragung insgesamt 60 Gespräche ermöglicht. Ein solches System ist sehr wirtschaftlich und von großer Bedeutung für das Nachrichtennetz, das stark verzweigt ist. Soweit ein System nach sehr vielen Sprechkreisen vorliegt, benutzt Tf-Systeme auf koaxialen Kabelleitungen mit insgesamt 4028 Kanälen, die im Frequenzgebiet  $60 \dots 4028 \text{ kHz}$  liegen. Ein solches System ist sowohl für Drahtleitungen als auch für Kabelstrecken geeignet. Anhand einer Tabelle wurde es

blick über maßgebliche Eigenschaften der wichtigsten Leitungsarten gegeben.

Um die symmetrischen Leitungen zu entzerren, wird ein Entzerrer dem Verstärkerteil vorgeschaltet, während ein zweiter Entzerrer in den Gegenkopplungsweg des Verstärkers eingeschaltet ist. Ein dritter Entzerrer wird entweder in einigen Ämtern als System-Entzerrer oder als Temperatur-Entzerrer vorgesehen. Die max. Verstärkung der Zwischenverstärker beträgt 7,5 N, der Abstand der Verstärker etwa 18 ... 20 km. Der Verstärker für die koaxiale Leitung ist ganz ähnlich aufgebaut und verstärkt ein Frequenzband von 60 ... 4028 kHz bei einer Verstärkerfeldlänge von 9,3 km. Es wird ferner auf die Möglichkeiten der Ausdehnung des Frequenzbandes über 4 MHz hinaus beim koaxialen Kabel eingegangen, weiterhin auf die Umschalteneinrichtungen von Tf-Verstärkern ohne Betriebsunterbrechung und auf die Fernüberwachungseinrichtungen in unbemannten Ämtern. Zum Schluß wird über Stromversorgung der unbemannten Zwischenämter beim symmetrischen und koaxialen Kabel berichtet.

2. P. Oehlen, Köln: Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprechnetzgruppe. — Der Vortragende ging näher auf die allgemeine Entwicklungstendenz in der Drahtnachrichtentechnik ein und wies besonders auf den Übergang vom Materialaufwand zum Arbeitsaufwand hin. Dies führte im Laufe der letzten Jahrzehnte immer mehr zur Einführung der Tf-Technik in das Fernsprechnetz, und zwar zunächst in das Weitverkehrsnetz. Die Verknappung der Rohstoffe, insbesondere von Kupfer und Blei, auf dem Weltmarkt und die damit zusammenhängende starke Preiserhöhung dieser Materialien gaben Veranlassung für das Eindringen der Tf-Technik in die Bezirksebene bzw. in die Fernsprechnetzgruppe.

Die Anwendung der Tf-Technik ist bei Einrichtung von neuen Kabellinien von gewissen Längen ab als wirtschaftlich anzusehen, da durch verbilligte Herstellung von Einzelteilen und durch verbesserte Herstellungsmethoden die Kosten für Tf-Gerät niedrig gehalten werden können. Wenn auf einer Strecke keine neuen Kabel verlegt zu werden brauchen, sondern bereits vorhandene niederfrequente Kabel entspult werden können, so ergibt sich eine noch höhere Wirtschaftlichkeit. Wie durch praktische Messungen nachgewiesen ist, können belastete Leitungen ohne größere Schwierigkeiten entspult und für die Tf-Technik ausgenutzt werden. In diesen Fällen sind die Grenzlängen für die wirtschaftliche Ausnutzung noch kürzer als bei neu verlegten Kabelanlagen.

3. F. Heitzmann, Mannheim: Neuartige Isolierung für Fernsprech-, Tf- und Hf-Kabel und -leitungen. — Die Entwicklung der für Fernsprech- und Hochfrequenzkabel und -leitungen verwendeten Isolierung ist einmal gekennzeichnet durch das Streben nach möglichst großer Genauigkeit hinsichtlich der geometrischen Abmessungen der fertigen Ader und zum anderen durch das Verlangen, die Dielektrizitätskonstante der Isolierung möglichst an die theoretisch günstigste, nämlich die von Luft,  $\epsilon = 1,0$ , heranzubringen.

Der Fachbericht schildert die Struktur von Polystyrolschaumstoffen mit verschiedenen Porendurchmessern. Er gibt einige für die Verarbeitung wichtige Daten im Vergleich zu dem bisher in der Kabeltechnik verwendeten Styroflex und Papier an. Anschließend wird über die elektrischen Eigenschaften von Trägerfrequenzkabeln berichtet, deren Leiter mit Band aus Polystyrolschaumstoff isoliert sind. Bei einer Frequenz von 250 kHz erreicht die Leitungsdämpfung der Stammleitung 255 mN/km. Das bisher mit Papier isolierte und denselben Durchmesser aufweisende Trägerfrequenzkabel erzielt bei derselben Frequenz 340 mN/km. Durch die Verwendung von Schaumstoff wird demnach eine Verminderung der Leitungsdämpfung von rund 25% erreicht. Die normale Verstärkerfeldlänge kann damit von 18,8 km auf 24 ... 25 km erhöht werden.

Der bis jetzt in der Fertigung eingesetzte Polystyrolschaumstoff hat eine Dielektrizitätskonstante von 1,08 und ein spezifisches Gewicht von 0,07 ... 0,10. Die z. Zt. vorliegenden neueren Proben von Polystyrolschaumstoffen zeigen gleichmäßigere Porengrößen mit Durchmessern von höchstens 0,2 ... 0,3 mm. Ihr spezifisches Gewicht konnte noch weiter herabgesetzt und die Dielektrizitätskonstante auf etwa 1,03 ... 1,02 gebracht werden.

#### Fachgruppe K II: Drahtfernmeldetechnik

Einführender: Prof. Dipl.-Ing. H. Schönfeld, Hannover

Der Einführende gab einen kurzen Überblick über die Entwicklung auf dem Gebiete der Fernwahltechnik und die

bisher bereits abgeschlossenen Entwicklungsarbeiten. Da die technischen Probleme im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung sehr vielgestaltig sind, wurden diejenigen Probleme erwähnt, die voraussichtlich die Fachberichte bei künftigen Tagungen behandeln werden.

1. A. Mehliß, Stuttgart: Die Lösungswege in der Fernwahl-Vermittlungstechnik und ihre Freiheitsgrade. — Die Technik der Fernsprechwahlämter für den Ortsbetrieb wurde durch die vorausschauende Planung so umgestaltet, daß die spätere Einführung einer Landesfernwahl ohne Schwierigkeiten möglich wird. Herr Mehliß berichtete über die verschiedenen, bekannt gewordenen Vorschläge für die Entwicklung von Fernwahlsystemen, wie z. B. Direktwahlsystem, Zwischenspeicherverfahren, Stafettenwahlsystem, Richtungsvorwahlverfahren und gesteuerte Kennzahlenwiederholung. Es wurde vergleichend dargestellt welche Forderungen durch den einzelnen Systemvorschlag erfüllt werden können. Einige dieser Forderungen sind kurze Verbindungsaufbauzeiten, Einfluß auf die Netzgestaltung und Leitungsausnutzung, Benutzung von Querverbindungen, Anpassung an Verkehrsschwankungen, Leitwegänderungen, Aufwand an Speichermitteln, Gebührenerfassung usw.

2. M. Hebel, Hechendorf: Eingliederung des handbedienten Fernverkehrs in ein zukünftiges Fernwahlnetz. — In einem Landesfernwahlnetz soll der Teilnehmer in der Lage sein, innerhalb des gesamten Netzes seine Fernsprechverbindungen selbst herzustellen. Für den Auslandsverkehr und einige Sonderfälle des Inlandsverkehrs muß ein handbedienter Fernverkehr bestehen bleiben. Solche Fälle sind z. B. Unerfahrenheit der Teilnehmer, unbekannt Kennziffern und Rufnummern, Gespräche mit Voranmeldung usw. Herr Hebel schlägt dafür ein Sticheitungsfernnetz vor, welches die bestehenden Einrichtungen des Fernwahlnetzes mitbenutzt und nur über eine Sticheitung an die Sprechleitung angeschlossen bleibt, solange ein Eingreifen in die Verbindung notwendig ist.

3. R. Zimmermann, München: Der Siemens-Hell-Blattschreiber. — Der Siemens-Hellschreiber ist ein Telegraphenapparat, der geringe Anforderungen an die Störfreiheit des Übertragungssystems stellt. Das Gerät ist daher besonders geeignet für den Funkverkehr und wird für Pressedienste in weitem Umfang benutzt. Die bisherigen Apparate waren als Streifenschreiber ausgebildet. Neu entwickelt wurde ein Blattschreiber für das Siemens-Hellverfahren, der ohne Änderung der Sendegeräte eingesetzt werden kann. Die ankommenden Zeichen werden zur Synchronisierung des Empfängers benutzt. Die Einhaltung von Zeilenanfang und -ende ohne willkürliche Trennung von Worten wird durch abschnittsweises Senden von der Sendeseite gewährleistet, wobei durch ein Startsignal phasengleiches automatisches Anlaufen der Empfänger bewirkt wird. Ebenso wird durch ein Stop-Zeichen die richtige Stillsetzung des Gerätes bewirkt. Mit dem Blattschreiber ist die Anwendbarkeit des Siemens-Hellgerätes erheblich verbessert.

#### Fachgruppe L I: Hochfrequenztechnik

Einführender: Prof. Dr. H. H. Meinke, München

1. Joh. Peters, Hamburg: Neuere Entwicklungen der Rundfunksendetechnik. — Die Entwicklungsrichtungen der Rundfunksendetechnik sind: Verbesserung der Übertragungsqualität und Ausfüllung von Versorgungslücken, die nach Einführung des Kopenhagener Wellenplans manigfach aufgetreten sind. Eine Verbesserung der Übertragungsqualität wurde neben akustischen Verbesserungen der Rundfunkaufnahme Räume durch Kombination von Schallschluckstoffen mit gelochten Abdeckplatten vor allem durch die Einführung neuer Mikrofontypen mit besonderen, teilweise während des Betriebes kontinuierlich veränderbaren Richtcharakteristiken (was besonders für Musikübertragungen wichtig ist) erzielt. Die einzelnen Übertragungsglieder können dabei mit Hilfe des „Iterationsverfahrens“ eingehend auf ihre qualitative Brauchbarkeit, insbesondere auch hinsichtlich Laufzeitverzerrungen, untersucht werden. Als sehr zweckmäßig hat sich die Dreiteilung der Studioverstärkung durch Mikrofonverstärker, Zwischenverstärker (zwischen Vor- und Hauptregler) und Hauptverstärker erwiesen. Die 3 Verstärker konnten durch Reduzierung des räumlichen Aufwandes alle im Regietisch eingebaut werden. Eine interessante Neuerung ist auch die Anwendung der Mehrfachspeisung von Sendeantennen, bei der mehrere Sender mit verschiedenem Programm an der gleichen Antenne liegen (MW, UKW und MW-UKW kombiniert). Die zur Ausfüllung der Versorgungslücken neu errichteten UKW-

Sender werden den Bereich des NWDR in Kürze besser überdecken, als es mit MW möglich war (angestrebt wird dreifache Programmversorgung). Ungeachtet der bekannten Vorteile des UKW-Empfanges wird der MW-Empfang aber nicht vernachlässigt. Das Bestreben geht hier dahin, die Senderverzerrungen zu reduzieren und die Tagesreichweite durch Unterdrücken der Höhenstrahlung zu vergrößern.

2. H. H. Meink e, München: Neuere aus der Höchstfrequenz-Meßtechnik der USA. — Die umfangreichen Forschungen und Entwicklungen in den USA auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik enthalten eine Fülle von Anregungen für die deutsche Fachwelt, jedoch ist es erforderlich, diese Vielzahl von neuen Ideen kritisch zu sichten, um das Wertvolle vom weniger Wertvollen zu trennen. Der Vortragende berichtete daher über einige interessante Meßgeräte der Höchstfrequenztechnik, die er selbst hinsichtlich Brauchbarkeit eingehend prüfen konnte. Insbesondere wurden erwähnt: ein neuer reflexionsfreier Leitungsabschluß mit Öl-kühlung für hohe Leistungen, eine Meßleitung mit neuartigem Querschnitt, eine interessante Brückenordnung für Widerstandsmessungen bis zu Frequenzen von 500 MHz, ein reflexionsfreier Höchstfrequenzumschalter und wärmeabhängige Widerstände (Thermistoren) zur Messung sehr kleiner Leistungen.

3. W. Kloepfer, Pforzheim: Die hochfrequenten Einrichtungen des Übersee-Funksprechverkehrs. — Die Übersee-Funksprechverkehr erfolgt heute allgemein nach dem Einseitenbandverfahren im Bereich von  $\lambda = 12 \dots 75$  m. Die Vorteile dieses bekannten Verfahrens liegen vor allem in der besseren Frequenzbandausnutzung. Eingehend wurde über die hochfrequenztechnisch interessierenden Bauteile auf der Sender- und Empfängerseite eines Vierkanalsystems berichtet, das bei der Übersee-Funkstelle der Bundespost in Frankfurt in Betrieb ist.

Sender: Frequenzbereich: 3,7 ... 23,5 MHz

Trägerrest: 5% der vollausgesteuerten Seitenbänder  
Übersprechabstand: rd. 3,5 Neper.

Empfänger: Frequenzbereich: 3,7 ... 23,5 MHz

Empfindlichkeit: Rauschabstand  $> 3$  Neper (bei  $0,5 \mu\text{V}$  Trägerrestamplitude an  $60 \Omega$ ).

Übersprechabstand: 7 Neper (Ausgangspegel  $1,5$  Neper).

Autom. Regelung: Bei Schwankungen des Restträgers von  $0,5 \mu\text{V} \dots 10 \text{ mV}$  bleibt Ausgangsspannung nahezu konstant.

### Fachgruppe L II: Hochfrequenztechnik

Einführender: Prof. Dr. G. Leithäuser, Berlin.

In der Gruppe L II für Hochfrequenztechnik sind auf der Tagung des VDE in Hannover folgende Vorträge gehalten worden:

1. R. Urtel, Pforzheim: Die Ablenktechnik des Fernsehens. — Die magnetische Ablenkung ist bei Fernsehrohren gegenüber der statischen Ablenkung beim Oszillographen üblich geworden, da sie bei großen Ablenkungswinkeln einfachere Anordnungen bedingt. Zur Erzeugung der Felder sind sägezahnförmig verlaufende zeitliche Änderungen nötig, welche an Linearität und Rücklaufdauer hohe Anforderungen stellen. Die magnetische Ablenkung kann dabei mit Ablenkggeräten auskommen, welche aus normalen Netzspannungen von  $200 \dots 400 \text{ V}$  betrieben werden. Im Vortrag werden die verschiedenen Schaltungsarten für die magnetische Ablenkung und das Verfahren einer mitlaufenden Ladespannung erörtert, welches eine der Kondensatorspannung entsprechende Zusammensetzung in den Ladekreis einkoppelt. Der Spannungsabfall am Ladewiderstand bleibt hierdurch konstant, so daß die Kondensatorspannung linear mit der Zeit ansteigen kann. Eine besonders angeführte Schaltung zeigt eine kombinierte Spannungs- und Stromkopplung.

Der Vortrag behandelt zum Schluß das Ablenkfeld selbst. Dabei interessieren besonders die auftretenden elektronenoptischen Eigenschaften. Bei den verschiedenen Möglichkeiten erscheint die Verwendung eines homogenen Feldes immer noch als günstigste.

2. R. Bredtner, Hamburg: Meßgeräte für Fernsehempfänger. — Herr Bredtner behandelt in seinem Vortrag einen Prüfender, der den deutschen Verhältnissen entsprechend für 625 Zeilen und 25 Bilder pro Sekunde im Zeilensprungverfahren arbeitet. Die erzeugten Störimpulse entsprechen den in Genf vor einem Jahr festgelegten. Auch auf die zusätzlichen Elektronenstrahl-Oszillographen wurde besonders eingegangen und auf die Anforderungen, die man

an diese Geräte für Fernsehzwecke stellen muß. Weiter wurde das Röhrenvoltmeter für Fernsehempfänger behandelt. Endlich sind noch wichtige Meßgeräte zur Ermittlung der hohen Bildröhren-Gleichspannung erforderlich, was praktisch leistungslose Messungen erlauben. Hohe Eingangswiderstände von vielen Megohm sind erforderlich. Die im Vortrag berührten Meßgeräte werden diejenigen sein, welche die Reparaturstellen für Fernsehempfänger nötig haben damit kleine Instandsetzungen möglichst auch im Hause des Fernsehkunden durchgeführt werden können.

3. K. Schmid, Pforzheim: Über das Verhalten von Detektoren im Dezimeterwellengebiet. — Solche Detektoren haben drei markante Spannunggebiete (unterhalb  $1 \text{ V}$  bei im Gebiet negativer Spannungen ein sehr hoher Widerstand als Sperrwiderstand vorhanden ist, während bei anwachsender Spannung nach positiven Werten der Strom exponential zunimmt. Steigert man die Spannung noch weiter, so hat man proportionale Stromzunahmen, wobei ohmsche Widerstand als „Bahnwiderstand“ sehr viel kleiner ist, als der Sperrwiderstand. Der exponentielle Verlauf der Kennlinie gestattet, durch kleine Änderungen der Gleichspannungen sehr viel höhere Abänderungen des differentiellen Widerstandes zu erzwingen. Herr Schmid hat diese Verhältnisse in seiner Arbeit eingehend untersucht. Das benutzte Ersatzschaltbild zeigt den erwähnten differentiellen Widerstand der Exponentialkennlinie, dem eine Grenzschichtkapazität parallel geschaltet ist. Dieser Verzweigung ist ein Bahnwiderstand vorgeschaltet, sowie der Induktivität eine Nadel. Parallel zum Ganzen muß man noch eine Fassungskapazität annehmen. Für den Bahnwiderstand wird auf den  $12 \Omega$ , für die Nadelinduktivität  $2,8 \text{ nH}$  und für die Fassungskapazität  $1,2 \text{ pF}$ . Die Grenzschichtkapazität liegt zwischen  $0,8$  und  $1,4 \text{ pF}$ .

Der Vortragende zeigte in schönen Vorführungen die Untersuchungsmöglichkeiten für die erwähnten Detektoren mit einem Meßplatz, der mit einer rotierenden Meßbank ausgerüstet war. Die Aufbauweise war für Messungen im Dezimetergebiet besonders geeignet.

### Fachgruppe L III: Hochfrequenztechnik

Einführender: Prof. Dr.-Ing. F. W. Gundlach, Darmstadt.

Die Fachgruppe L III behandelte das Gebiet der Richtfunktechnik, die heute in steigendem Maße der drahtgebundenen Nachrichtenübertragung zur Seite tritt. In Deutschland ist auf diesem Gebiet im Laufe der vergangenen Jahre viel Entwicklungsarbeit geleistet worden, was sich auf der diesjährigen VDE-Tagung in einer großen Anzahl von Fachrichtmeldungen zum Thema der Richtfunktechnik äußerte. Um alle Fachberichte zum Wort kommen zu lassen und auf diese Weise ein möglichst abgerundetes Bild vom derzeitigen Stand der Richtfunktechnik in Deutschland zu erhalten wurden drei Hauptthemen gebildet, zu denen jeweils mehrere Vortragende sprachen.

1. Planung von Richtfunkverbindungen. — Im Rahmen dieses Themas sprach K. O. Schmidt, Darmstadt, über die Streckenplanung. Der jetzt in Angriff genommene Aufbau von Richtfunkstrecken zur Übertragung von Fernspreogrammen und von Vielkanalfersprechen verlangt eine sorgfältige Vorausberechnung der Streckenführung. Auch bei optischer Sicht besteht eine gelegentliche Gefahr zu Schwächen einbrüchen infolge ungünstiger Schichtung der Troposphäre wenn die Länge eines einzelnen Funkfeldes die Größe  $50 \text{ km}$  überschreitet. Um eine Rückkopplung zwischen auf dem gleichen Turm aufgestellten Sende- und Empfangsanlagen zu vermeiden, wird an jeder Zwischenstation die Welle gewechselt, wobei man an der zweitnächsten Station wieder auf die erste Wellenlänge zurückgeht, d. h. die Strecke mit insgesamt zwei Wellenlängen auskommt. Man kann erst der Empfänger der Station 4 durch den Sender der Station 1 gestört werden; um dies zu vermeiden, nimmt man eine Zick-Zack-Führung der Strecke vor, wobei man auf die Nebenmaxima der Antennen achten muß. — W. J. Wermann, Berlin, behandelte den für die Anlageplanung äußerst wichtigen „technisch-wirtschaftlichen Verhältnisse zwischen einem Breitbandrichtfunk- und einem Koaxialsystem“. Bei den Richtfunkverbindungen tritt das Rauschen stark in den Vordergrund; es lassen sich aber wegen der großen zur Verfügung stehenden Bandbreite im Mikrowellenbereich störungsmindernde Modulationsverfahren anwenden, wozu sich die Frequenzmodulation besonders gut eignen dürfte. Außer dem Modulationsverfahren verlangt der bei der Vielkanalübertragung notwendige

abstand und die Forderung nach einem linearen Phasenverlauf die zusätzliche Bereitstellung von Frequenzband; für eine höchste Modulationsfrequenz von 4 MHz benötigt man ein Hochfrequenzband von etwa 30 MHz. Will man beispielsweise 6 solcher Hochfrequenzbänder übertragen, so müssen sie nebeneinander in der Frequenz gestaffelt werden, wobei jedesmal eine Lücke von der hochfrequenten Kanalbreite freibleiben muß, um die Spiegelfrequenzbereiche auszusparen. Vergleicht man ein solches Richtfunksystem in wirtschaftlicher Hinsicht mit einem Koaxialkabelsystem von gleichem Nachrichtenfluß, so sind die Anschaffungskosten beim Richtfunksystem etwa um 40% niedriger, die Betriebskosten jedoch höher.

2. Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation. — B. Holzwarth, München, wiederholte zu Beginn seiner Ausführungen die Grundlagen des Verfahrens: Es handelt sich um ein Mehrkanalübertragungsverfahren mit zeitlicher Aufteilung, d. h. die zur Übertragung der einzelnen Kanäle verwendeten Impulse folgen zeitlich nacheinander, der eigentliche Nachrichteninhalt ist in einer zeitlichen Verschiebung der Impulse gegen ihre Normallage enthalten. Für Telephonübertragung zwischen 300 und 3400 Hz wird für jeden Kanal eine Impulsfolge im Abstand 125  $\mu$ s mit einer Impulsdauer von 0,5  $\mu$ s ausgesandt. Zur Synchronisation verwendet man einen längeren Impuls (3  $\mu$ s). Das Verfahren eignet sich besonders dort, wo nur wenig Kanäle zu übertragen sind (maximal 24) und wo von Niederfrequenz auf Niederfrequenz zu übertragen ist (z. B. in der Netzgruppe oder auf Zupringerstrecken). Die Kosten der Richtfunkübertragung liegen zwischen denen der Freileitung und denen der Kabelverbindung. — G. Ulbricht, Ulm, beschrieb die „Impuls-Dezimeter-Übertragungsanlage IDA 22“. Sie dient zur Übertragung von 22 Betriebskanälen und einem Dienstgespräch, die Ausstrahlung erfolgt bei 15 cm Wellenlänge. Im Sender werden impulsgetastete Scheibenröhren verwendet; die erzeugte Frequenz wird über einen Topfkreis hoher Frequenzkonstanz kontrolliert und mittels eines Motorantriebes nachgesteuert. Die Empfangsoszillatoren sind ähnlich, aber einfacher gebaut; sie werden ebenfalls motorisch nachgesteuert und zwar mittels eines Diskriminators am Ausgang des Zwischenfrequenzverstärkers.

3. Antennen für Ultrakurzwellen- und Richtfunkanlagen. — W. Berndt, Berlin, gab einen allgemeinen Überblick über die Antennen für den Ultrakurzwellenbereich zwischen 1 und 10 m. Die Antennen sind je nach Anwendungsgebiet recht verschiedenartig. Der UKW-Rundfunk benutzt wegen der geringeren Stömpfindlichkeit die horizontale Polarisation; die Sendeantennen müssen vertikale Bündelung, in horizontaler Richtung aber ein Rundstrahlendiagramm aufweisen. Die Empfangsantennen weisen horizontale Bündelung auf, man verwendet meist Dipole oder Faltdipole in Form der Yagi-Antennen. Beim Fernsehen liegen die Probleme ähnlich wie bei UKW-Rundfunk, abgesehen von einer Wellenlängenverminderung auf rund die Hälfte. Richtfunkanlagen für Weitverbindungsstrecken benötigen an hohen Punkten aufgehängte, scharf bündelnde Antennenanlagen; es werden große Tannenbaumantennen mit Reflektordipolen in Parallelspeisung oder Rohrdipolanordnungen an freistehenden Masten verwendet; Richtfunkanlagen für Nahverbindungen (z. B. Rundfunkzubringerstrecken) können einfacher aufgebaut sein. Für Funksprechdiensten mit Fahrzeugen benötigt man meist Rundstrahlantennen. — H. Bosse, Stuttgart, behandelte die „Breitband-Rohrschlitzantenne“, die als Sendeantenne für den UKW-Rundfunk häufig verwendet wird. In ihrer einfachsten Form besteht sie aus einem metallischen Rohr, in das über eine gewisse Länge ein Längsschlitz eingeschnitten ist; bei Erregung durch eine in Schlitzmitte angreifende Speiseleitung bildet sich im Innern eine Hohlrohrwelle aus, deren Wellenlänge größer ist als die Wellenlänge im freien Raum. Für die Berechnung der Strahlung im Außenraum stellt man sich die Rohrschlitzantenne als eine große Anzahl von übereinanderliegenden kreisförmigen Rahmenantennen vor, die alle aus dem Schlitz heraus gespeist werden. — W. Kloepfer, Pforzheim, berichtete über die Ringspaltantenne, eine vorwiegend für Fahrzeuge bestimmte JKW-Antenne. Sie besteht aus einem in die metallische Außenhaut des Fahrzeuges geschnittenen ringförmigen Spalt, der über eine kegelförmig gestaltete, im Innern des Fahrzeuges liegende Speiseleitung derart erregt wird, daß zwischen den Kanten des Spaltes ringsumher eine radial gerichtete elektrische Feldstärke konstanter Größe und Phase entsteht. Die Ringspaltantenne verhält sich ähnlich wie eine senkrecht auf der Außenhaut des Fahrzeuges stehende Li-

nearantenne. Ähnlich wie bei wachsenden Abmessungen einer Linearantenne ergibt sich bei zunehmendem Ringdurchmesser eine Aufspaltung des Richtdiagrammes in mehrere Zipfel, und der Strahlungswiderstand durchläuft eine schleifenförmige Ortskurve.

### Fachgruppe MI: Meßgeräte

Einführender: Dr.-Ing. H. Toeller, Frankfurt a. M.

1. W. Thal, Karlsruhe: Neue Feinmeß- und Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom. — Der Vortragende gab eine Übersicht über den heutigen Stand der Fertigung von anzeigenden Meßgeräten höchster Genauigkeit (mit einer Toleranz von 0,1 oder 0,2%). Diese hohe Genauigkeit wird bei Drehspulgeräten und Elektro-Dynamometern schon seit mehreren Jahrzehnten, beim Dreheisengerät seit etwa einem Jahrzehnt erzielt. Trotzdem sind für den Erbauer solcher Präzisionsmeßgeräte bei den einzelnen Konstruktionselementen noch immer Schwierigkeiten und damit auch Verbesserungsmöglichkeiten vorhanden.

Der Vortrag ging im einzelnen auf die Probleme der Lagerung, der Erzeugung einer hysteresefreien Richtkraft, einer genügend hohen Ablesegenauigkeit, der Verringerung des Einflusses der Raumtemperatur und des Einflusses magnetischer Fremdfelder ein. In der Diskussion wurde hervorgehoben, daß die magnetische Abschirmung mit den heute zur Verfügung stehenden magnetischen Materialien der astatischen Anordnung besonders bei den normalerweise vorherrschenden inhomogenen Fremdfeldern, erheblich überlegen ist.

2. J. Richter, Erlangen: Der Kompensationsverstärker, ein neuer Photozellenkompensator. — Von Herrn Richter wurde der Photozellenkompensator (selbsttätig arbeitender Lindeck-Rothe-Kompensator) in seinen Eigenschaften und Fehlereinflüssen näher behandelt. Dieser Kompensator hat in allen Industriezweigen seit etwa fünfzehn Jahren hauptsächlich zur Verstärkung der EMK von Thermoelementen in steigendem Maße Verbreitung gefunden.

In dem Vortrag wurde gezeigt, wie es mit Hilfe eines Zusatzstromes durch die Drehspule des Nullgalvanometers möglich ist, den Übersetzungsfehler des Gerätes, der durch die Rückstellkraft des Nullgalvanometers verursacht ist, zu kompensieren. Eine andere Möglichkeit, von der die bisher auf dem Markt erschienenen Photozellenkompensatoren Gebrauch machen, besteht darin, einfach den Übersetzungsfehler mit einzueichnen.

Es ist bekannt, den Photozellenkompensator als Konstantstromquelle zu verwenden, indem an den Eingang ein Normalelement gelegt wird. Von Herrn Richter wurde darauf hingewiesen, daß auf das Normalelement verzichtet werden kann, wenn auf die Drehspule des Nullgalvanometers ein konstantes Richtmoment wirkt, wobei allerdings zur Erzielung einer genügend hohen Genauigkeit neben dem Betriebsmeßgerät ein Einstellgerät höherer Genauigkeit zur Verfügung stehen muß.

3. H. Wechsung, Frankfurt a. M.: Fehlermessungen an Kabeln mittels Hochfrequenz. — Für die Fehlermessungen an Starkstromkabeln mittels Hochfrequenz kommen hauptsächlich zwei Methoden in Frage: die Messung der Laufzeit eines Spannungsimpulses mit einem Kathodenstrahloszillographen und die Messung der Spannung oder des Stromes am Kabelanfang bei Veränderung der Frequenz. Der Vortrag ging hauptsächlich auf das zweite Verfahren ein und behandelte die Genauigkeit, die mit einem neu entwickelten, nach diesem Prinzip arbeitenden Kabelmeßkoffer erzielt wurde. Das Verfahren wurde bisher erfolgreich erprobt bei Starkstromkabeln zwischen 5 m und 10 km Länge, wobei im Mittel eine Genauigkeit von 0,5% erzielt wurde.

### Fachgruppe M II: Meßgeräte

Einführender: Dir. Dr.-Ing. K. Schmiedel, Nürnberg

Die Einführung wies darauf hin, daß die Technik der Elektrizitätszähler und Meßwandler sich von jeher bemüht hat, die großen Anforderungen an die Meßgenauigkeit über den ganzen Meßbereich immer weiter zu erfüllen. Bei den modernen Zählern ist dies besonders schwierig zu erreichen, da sie sowohl bei kleiner Last als auch bei großer Überlastung sehr genau zeigen sollen.

1. H. Edler, Neuhaus: Bedeutung von Lagerung und Reibung bei neuzeitlichen Motorelektrizitätszählern. — Nach Darlegung der grundsätzlichen Eigenschaften der Ober- und

Unterlager, wobei auch Resultate von Dauerversuchen über die Lebensdauer des Unterlagers in Abhängigkeit von Lagerdruck angegeben werden, wird auf die Eigenschaften des Doppelsteinlagers und die magnetische Entlastung des Läufers kritisch eingegangen. Ausführliche Angaben über die Reibungsmomente des Zählwerks und die zweckmäßige Anordnung der Übersetzungsräder bilden den Schluß der Ausführungen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen, die durch Gleichungen und Kurven dargestellt werden, ergibt sich eindeutig, daß ein Zählwerk mit wenigen angetriebenen Zahlenrollen demjenigen mit vielen angetriebenen Zahlenrollen überlegen ist. Bei den modernen Zählern spielt diese Reibung eine wesentliche Rolle, weil von ihnen verlangt wird, daß sie bei kleiner Belastung sehr genau zeigen. Alle Angaben sind zahlenmäßig belegt und geben bemerkenswerte Aufschlüsse, die für die Weiterentwicklung der Zähler wichtig sind.

2. H. Grosse-Brauckmann, Berlin: Kontaktgesteuerte Zähler und Tarifgeräte. — Der Vortragende weist in der Einleitung darauf hin, daß bei Belastung der Zähler durch Maximumwerke die Genauigkeit des Zählers leiden kann. Diese Ungenauigkeit tritt nur bei niedriger Belastung des Zählers auf. Es besteht aber der Wunsch, diese nach Möglichkeit zu vermeiden. Nach Hinweis auf die bis jetzt angewendeten Methoden der Entlastung des Meßwerkes durch Kraftverstärker verschiedener Ausführung wird in dem Bericht ein Kontaktgeber angegeben, der auf folgendem Prinzip beruht: Eine Zackenscheibe aus geeignetem Material sitzt auf der Schneckenradachse des Zählers. Sie ist von einer luftdicht abgeschlossenen Kapsel umgeben, in der sich ein Quecksilbertropfen frei bewegen kann. Bei jedesmaliger Berührung einer Zacke mit dem Quecksilbertropfen wird Kontakt gegeben. Die Fernleitung führt zu einem Schrittschaltmotor, der in Halbwellenschaltung im Empfänger angeordnet ist. Durch besondere Ausbildung des Gebers und Empfängers wird erreicht, daß eine sichere Kontaktgabe ohne Doppelkontakte zustandekommt. Die Kontakteinrichtung leistet max. 1 Impuls je Ankerumdrehung, sie braucht ein zusätzliches Drehmoment von  $5 \cdot 10^{-3}$  cmg, so daß die Reibungsbeeinflussung des Zählers etwa in der Größenordnung der Zählwerksreibung liegt. Auch nach vielen Millionen Schaltungen konnte eine Abnutzung der Kontakteinrichtung nicht festgestellt werden. Ein nach diesem Prinzip gebauter Maximumzähler und ein Summen-Fernzählwerk wurden vorgeführt.

3. R. Bauer, Nürnberg: Fortschritte im Bau von Trokenspannungswandlern. — Nach einführenden Worten über die isolierten und die mit Kabelmasse gefüllten Wandler wird zunächst erwähnt, daß Trockenwandler nur solche sein können, die eine nicht brennbare oder nur schwer brennbare Isolation haben. Bei Stromwandlern ist die Lösung durch Verwendung von Porzellan schon seit Jahrzehnten erreicht; bei Spannungswandlern war bisher keine Lösung gefunden. Erst durch das Bekanntwerden neuer Isolierstoffe in den letzten Jahren war es möglich, eine Konstruktion für Spannungswandler zu schaffen, die allen Anforderungen entspricht. Nach Hinweis auf die bisher auf dem Markt erschienenen Wandler wird die neue Ausführung beschrieben, die einen Kunststoff mit thermoelastischen Eigenschaften verwendet, der in Verbindung mit Porzellan einen Wandler ergibt, der praktisch feuerfest ist.

### Fachgruppe MIII: Meßverfahren

Einführender: Prof. Dr.-Ing. Franz Moeller, Braunschweig

Aus der Vielzahl der Entwicklungslinien, die die elektrische Meßtechnik aufweist, hob der Einführende besonders den Gedanken heraus, die ständig steigende Fülle von Meßaufgaben durch Zusammenfassung zu bewältigen. Einmal müssen heute die Meßgeräte selbst vielfach statistisch ausgewertet werden, zum anderen verlangt die Praxis in steigendem Maße eine vielseitige Verwendbarkeit der einzelnen Meßeinrichtung. Besonders deutlich tritt das in dem Wandel der Strom- und Spannungsmesser für Betriebszwecke während etwa der letzten 30 Jahre in Erscheinung. Moderne Vielfachgeräte ermöglichen neben den Strom- und Spannungsmessungen bei Gleich- und Wechselstrom (teilweise sogar ohne Umschaltung) auch die Messung von Widerständen, Induktivitäten, Kapazitäten oder Phasenwinkeln. Beispiele für diese Entwicklungstendenzen bringen auch die 3 Berichte der Fachgruppe.

1. P. Böning, Porz a. Rh.: Entnahme kleiner Leistungen aus Wechselspannungsnetzen für Meßzwecke und die Speisen von Telephoniegeräten. — Wo auf höchstmöglicher Genauigkeit der Hochspannungsmessung verzichtet werden kann (etwa zur Kontrolle der Netzspannung und zum Synchronisieren), können die in vielen Hochspannungsanlagen ohnehin vorhandenen Kopplungskondensatoren für leitungsgerichtete Trägerfrequenzübertragungen mit für Meßzwecke herangezogen werden. Die hierfür geeigneten Schaltungen werden angegeben und diskutiert. Maßgebend für die Größe der zur Verfügung stehenden Leistung ist neben Spannungsfrequenz und Kondensatorgröße das Verhältnis der Kapazitäten der beiden in Reihe geschalteten Kondensatoren. Dieses liegt bei gebräuchlichen Ausführungen zwischen 20 und 40. In Höchstspannungsanlagen und bei Verwendung von Kondensatoren von einigen 1000 pF Kapazität kann man Leistungen von einigen 100 W, so daß sich beide Aufgaben erfüllen lassen.

2. v. Ferroni, Berlin: Fortschritte auf dem Gebiet der Mehrfach-Elektronenstrahl-Oszillographie. — Die hauptsächlichsten Lösungen für ein gleichzeitiges Aufzeichnen mehrerer Vorgänge durch Elektronenstrahl-Oszillographie sind: 1. Verwendung entsprechend vieler Einstrahlröhren und optische Vereinigung der Schirmbilder; die größte bisher gebaute derartige Einrichtung verwendet 15 Röhren; der schwierigste Teil ist bei großer Röhrenzahl die periodische Umschaltung des einen Strahles durch einen Elektronenschalter, meist nur für 2 Meßgrößen verwendet; die Darstellung erfolgt also nicht eigentlich gleichzeitig, daß diese Lösung im wesentlichen nur für periodische Vorgänge in Frage kommt. 3. Verwendung von Mehrstrahlröhren mit verschiedenen, vollständigen Einstrahlströmen; diese an sich vollkommenste Lösung ergibt naturgemäß sehr komplizierte Röhren. 4. Mehrstrahlröhren mit Strahlteilung. Diese im Bericht näher behandelte Ausführung verwendet ein Strahlerzeugungssystem und blendet dem Strahlenbündel mehrere Einzelstrahlen aus, von denen jeder sein Ablenkensystem durchläuft. Die im einzelnen beschriebene neue Vierstrahlröhre verwendet gemeinsame Zeitplatten. Die gegenseitigen Kopplungen der Ablenkungen und Zuführungsleitungen sind gering. Näher beschrieben wird die Zeitablenkung und die Gesamtausführung des Gerätes.

3. W. Denck, Braunschweig: Neue Verfahren zur Messung des Phasenwinkels und der Frequenz. — Wenn aus Strom und Spannung eines Stromkreises zwei große Vergleichsspannungen in der Weise abgeleitet werden, ihre Phasenlage der ursprünglichen entspricht, so ist die geometrische Summe oder Differenz ein eindeutiges Maß für den Phasenwinkel im Bereich von  $\varphi = 0^\circ$  bis  $180^\circ$ . Unter Verwendung einfachster Schaltelemente und eines Drehspulgerätes mit vorgeschaltetem Gleichrichter wird Summen- oder Differenzspannung gemessen. Das Verfahren ist in dieser Form in weiten Grenzen frequenzunabhängig, jedoch ist die Unterscheidung des Vorzeichens des Phasenwinkels nicht möglich. Diese Möglichkeit wird unter Zuhilfenahme der Frequenzunabhängigkeit erreicht durch zusätzliche  $90^\circ$ -Drehung einer der beiden Vergleichsspannungen. Der Meßbereich beträgt jetzt  $-90^\circ \dots \pm 0^\circ \dots +90^\circ$ . Die Genauigkeit ist abhängig von der Genauigkeit der Darstellung der beiden Vergleichsspannungen. Sie beträgt im mittleren Bereich des Instrumentes  $\pm 0,5^\circ$ . Da der Phasenwinkel bei konstanter Belastung nur durch die Frequenz bestimmt ist, können nach diesem Prinzip auch andere elektrische Größen, wie Induktivität, Kapazität, Wirkwiderstand und Frequenz, gemessen werden. Eine einfache Schaltung zur Frequenzmessung wird angegeben.

### Fachgruppe N: Elektrophysik und Elektroakustik

Einführender: Prof. Dr. Grützmaier

1. T. H. Wasserrab, Mannheim: Fortschritte in der Erforschung der Stromrichter-Gasentladungen. — Er wurde auf die Besonderheiten der Stromrichter-Gasentladungen hingewiesen, ihre besonderen Kennzeichen erwähnt und eine Abgrenzung gegen andere Gasentladungsformen, etwa den atmosphärischen Lichtbogen vorgenommen. Dann wurde über neuere Forschungsergebnisse an Stromrichter-kathoden berichtet, und zwar sowohl über Untersuchungen an modernen Glühkathoden, als auch über besonders interessante Bemühungen zur Aufklärung der Natur der Brennfleckkathoden. Durch besonders leistungsfähige Versuchsapparaturen ist es gelungen, die Kenn-



ber die Eigenschaften der Fleckkathoden erheblich zu vergrößern und damit auch für die theoretische Deutung neue Argumente zu finden.

Im weiteren wurden sodann die Eigenschaften der positiven Säule von Stromrichterentladungen betrachtet. Insbesondere wird über die Wirkung des Trägerdruckeffektes auf das Verhalten von Doppelschichten berichtet, ein Effekt, welcher insbesondere bei gittergesteuerten Stromrichtern für die Entstehung von sogenannten Kälteüberspannungen maßgeblich ist. Sodann wird der Einfluß der Neutralgaswärme und die damit verbundene Drucksteigerung betrachtet. Auch dieser Vorgang ist für Stromrichter bedeutungsvoll, weil infolge der Drucksteigerung durch die Entladung Ausgleichsströmungen des Neutralgases eintreten (Atmung des Stromrichters), wodurch der Entladungsvorgang merklich beeinflußt werden kann.

Abschließend wird anhand eines praktischen Beispiels gezeigt, inwiefern Forschungsergebnisse in der praktischen Stromrichtertechnik nutzbar gemacht werden können.

2. P. Wenk, Erlangen: Löten von Aluminium mit Ultraschall. — Vor einigen Jahren wurde festgestellt, daß an Aluminium bei Anwendung von Ultraschallschwingungen einwandfrei ohne Benutzung von irgendwelchen Fluß-

oder Reinigungsmitteln verzinnen oder verlöten kann. In der Zwischenzeit wurde ein handliches Gerät für Netzanschluß mit einer Frequenz von etwa 20 kHz für die Praxis entwickelt.

Die verschiedenen Verfahren und Anwendungsmöglichkeiten wurden in dem Bericht besprochen. An Hand von Bildern werden einige Lötmuster vorgeführt. Schliffbilder und Zerreißproben gaben Aufschluß über die Haltbarkeit der Lötverbindungen. Eine Erklärung über den physikalischen Vorgang bei der Aluminiumverlötung wurde gegeben.

3. H. Kösters, Hamburg: Methoden zur Erzeugung eines künstlichen Nachhalls. — Um beim Rundfunk, beim Fernsehen und beim Film eine der Szene entsprechende Akustik hörbar werden zu lassen, verwendet man häufig Räume, die in ihren akustischen Eigenschaften der Szene möglichst nahekommen. In vielen Fällen ist dies jedoch nicht möglich, weil der Raumaufwand zu groß wäre. Hier kann durch künstliche Mittel ein Nachhallbild erzeugt werden. Besonders in Amerika sind eine Reihe von Geräten entwickelt oder vorgeschlagen worden, mit denen man einem nachhallfreien Klangbild einen beliebigen Nachhall beimischen kann. Die Verfahren und Geräte sollen diskutiert werden.

## Der Hauptvortrag

### Die Technik der elektrischen Nachrichtenverbindungen

(Mitteilung aus der Standard Elektrizitäts-Gesellschaft, Stuttgart)

Von K. Kämpf, Stuttgart

DK 621.39

#### I. Geschichtliches; Bedeutung von Frequenzband und Dynamik; Modulationsverfahren

Die elektrische Nachrichtentechnik bildet den ältesten Zweig der Elektrotechnik. Vor 100 Jahren hatte der elektrische Telegraph bereits seine praktische Bewährung gefunden. Die ersten unterirdischen Telegraphenlinien waren zwischen Berlin und Frankfurt und Berlin und Köln in Betrieb genommen worden. Im Jahre 1851 wurde das erste Telephonkabel, und zwar zwischen Calais und Dover gelegt.

Seit dieser Anfangszeit befindet sich die Nachrichtentechnik in ununterbrochener Weiterentwicklung. Bild 1 zeigt das äußere Bild dieser Entwicklung an einigen Beispielen. Die Zahl der Fernsprechteilnehmer, der Rundfunkteilnehmer und der Fernsichtteilnehmer auf der Erde ist in einem logarithmischen Maßstab für die verschiedenen Jahreszahlen aufgetragen. Einer Zeit der raschen Einführung folgt ein Abschnitt des langsameren Ausbaues; dieser wird gefördert durch die während dieser Entwicklung entstehenden Erfindungen und Verbesserungen und die durch die Verteilung selbst geschaffenen Anwendungsmöglichkeiten.

Die elektrische Nachrichtentechnik umfaßt eine Anzahl verschiedener Nachrichtentechnik, insbesondere Tele-

graphie, Telephonie, Klangübertragung durch Rundfunk und Lautsprecher-Anlagen, Bildtelegraphie und Fernsehen, ferner die Fernwirktechnik, bei der elektrische Signalströme zur Auslösung verschiedenartiger Vorgänge dienen, und die Fernmeßtechnik zur Überwachung von Meßgrößen auf beliebige Entfernungen. Durch Rückführung der Meßwerte auf die verursachenden Kräfte entstehen Fernregelsysteme.

Die Aufgabe der Technik der Nachrichtenverbindungen ist die Schaffung von Übertragungswegen, die die Nachricht betriebssicher, billig und genau weitergeben. Maßgebend für die Anforderungen, die ein Nachrichtentechnik an den Übertragungsweg stellt, sind Frequenzband und Amplitudenumfang. Hierfür ist, zusammengefaßt in den Arbeiten des CCI, international eine gewisse Normung entstanden (Bild 2). Der Fernsprecher benötigt das relativ schmalste Frequenzband, das Fernsehen das breiteste. Die Klangübertragung stellt die höchsten Anforderungen an den Geräuschabstand; das Gegenstück geringster Störfähigkeit bildet der Hellschreiber. Die Frequenzbänder a) und b) umfassen die Fernschreiberströme, die Wählimpulse und die Impulsreihen der Fernmessung und Fernsteuerung; sie lie-

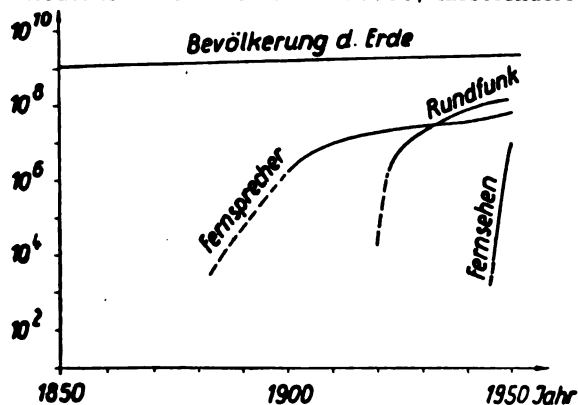


Bild 1. Zahl der Fernsprecher-, Rundfunk- und Fernsichtteilnehmer auf der Erde.

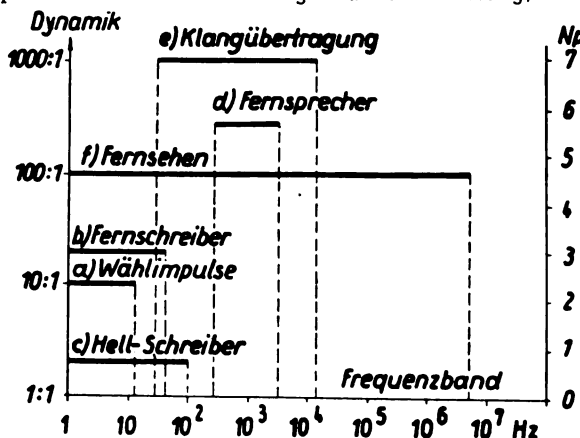


Bild 2. Verhältnis von Signalamplitude zu Störampplitude und Frequenzband für verschiedene Nachrichtenübertragungen.

gen bei den niedrigsten Frequenzen und werden bei größeren Entfernungen mit Hilfe von Trägerfrequenzverfahren im Fernsprechband übertragen.

Die Technik der Nachrichtenverbindungen hat ihren stärksten Impuls ohne Zweifel durch die Erfindung und Entwicklung der Verstärkerröhre erhalten. Von den vielen weiteren Erfindungen, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die zum heutigen Stand der Technik geführt haben, sind die Modulationsverfahren von besonderer Bedeutung.

Die Modulation einer Trägerschwingung durch die zu übertragende Nachricht, die Amplitudenmodulation, hat in der Form der von J. R. Carson 1917 stammenden Einseitenband-Modulation die Möglichkeit gegeben, die Frequenzbänder der Nachrichten in eine beliebige Frequenzlage ohne Veränderung ihrer Breite zu verlegen.

Die Amplitudenmodulation führte in Verbindung mit der durch G. A. Campbell und K. W. Wagner 1915 begründeten Filtertechnik zur Entwicklung der Trägerfrequenztechnik, die die gleichzeitige Übertragung mehrerer Nachrichten auf ein- und demselben Übertragungsweg ermöglicht.

Den neuesten Schritt der Entwicklung bildet die Pulsmodulation, zu der besonders A. M. Reeves 1938 interessante Beiträge geliefert hat. Die Benützung des Zwischenraumes zwischen den Lücken der eine Nachricht darstellenden Impulsserie durch die Impulsserien anderer Nachrichten ergibt ebenfalls die Möglichkeit zur gleichzeitigen Übertragung mehrerer Nachrichten auf dem gleichen Verbindungsweg. Es ergibt sich auf diese Weise eine Gruppe von Nachrichtenströmen, die man als Zeitvielfach bezeichnen kann im Gegensatz zu dem Frequenzvielfach der Trägerfrequenztechnik, bei dem die einzelnen Kanäle längs der Frequenzskala aneinandergereiht sind. Die Pulsmodulationsverfahren sind unempfindlich gegen Ungenauigkeiten, Schwankungen und Störströme auf dem Übertragungsweg, brauchen aber dafür ein relativ breites Frequenzband zur Übertragung der kurzen Impulse; die Amplitudenmodulation ermöglicht den sparsamsten Gebrauch des Frequenzbereiches, ist aber empfindlich gegen Störungen und Schwankungen.

Eine Zwischenstellung nimmt die Frequenzmodulation ein.

## II. Leitungsübertragung

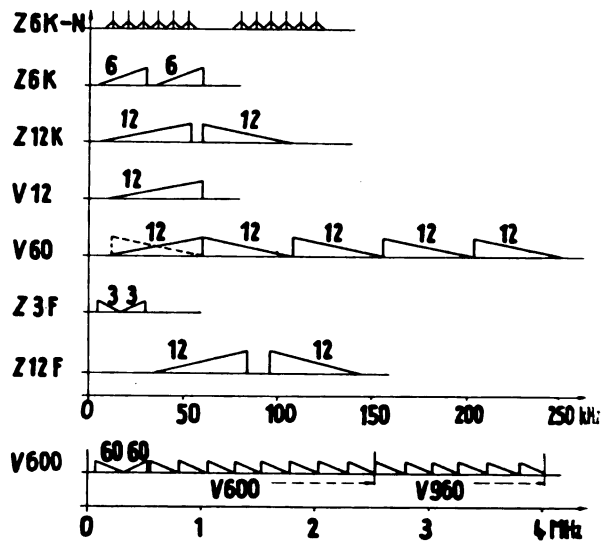
Die Leitungen bilden den Hauptbestandteil der Nachrichtennetze. Die Notwendigkeit der Schaffung ausreichender Verbindungsmöglichkeiten bei geringstem Aufwand hat zur immer stärkeren Ausnützung der Leitungen mit Trägerfrequenzkanälen geführt.

Auch hierfür ist durch das CCI eine gewisse Normung möglich gewesen, und zwar sind die Abstände der einzelnen Übertragungskanäle im Frequenzvielfach einheitlich auf 4 kHz festgelegt worden; ein Kanal dient entweder zur Übertragung eines Ferngesprächs oder von 24 ebenfalls genormten Telegraphiekanälen, auf denen auch andere niederfrequente Signale, z. B. der Fernwirktechnik, übertragen werden können, oder auch zur Übertragung von Bildern und schriftlichen Nachrichten (Faksimile) mit einer Geschwindigkeit von rund 1 dm<sup>2</sup>/min.

Mit der Zahl der auf einer Leitung übertragenen Kanäle wächst die Breite des zu übertragenden Frequenzbereiches. Dadurch treten physikalische Grenzen in Erscheinung, so daß für die verschiedenen Arten der Leitungen verhältnismäßig wenige bestimmte Trägerfrequenzsysteme entstanden sind.

Bei Freileitungen ist der Frequenzbereich durch Störströme aus Funksendern, durch Nebensprechen zwischen den Leitungen und durch Schwankungen der Übertragungseigenschaften infolge von Luftfeuchtigkeit, Regen und Raureif begrenzt.

Bei den Kabeln, die infolge der symmetrischen Ausföhrung der Leitungen und durch den Kabelmantel gut gegen äußere elektrische Einflüsse geschützt sind, setzt das Nebensprechen eine Grenze für die Erweiterung des Frequenzvielfaches.



ETZ 758

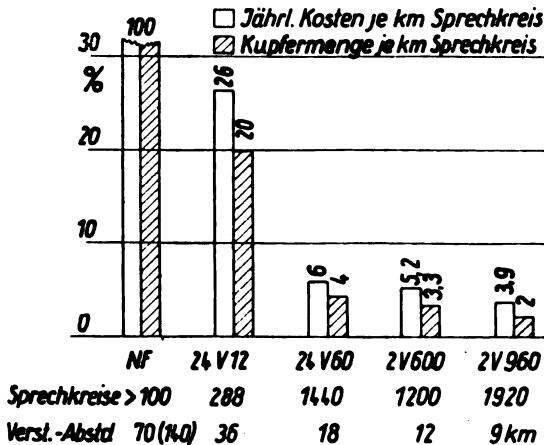
Bild 3. Frequenzpläne einiger Trägerfrequenzsysteme.

In Deutschland ist in den letzten Jahren unter Führung der Deutschen Bundespost und unter Mitwirkung der Firma Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Felten & Guilleaume Mix & Genest und Siemens & Halske nach genauem Studium der technischen und wirtschaftlichen Bedingungen ein Trägerfrequenzsystem für Kabel mit symmetrischen Leitungen entwickelt worden, das nunmehr ausgeführt wird. Der Frequenzplan dieses Systems V 60 ist in Bild 3 gezeigt. In jeder Leitung werden 60 Kanäle in 5 Gruppen zu je 12 Kanälen in einer Richtung übertragen. Für beide Richtungen sind also zwei Kabel erforderlich; durch diese Trennung werden Schwierigkeiten vermieden, die sich wegen des Nebensprechens in einem einzigen Kabel ergeben würden. Mit den zwei Kabeln von je 24 Leitungen können insgesamt 1440 Sprechverbindungen hergestellt werden. Das Frequenzvielfach liegt zwischen 12 und 252 kHz. Die Zwischenverstärker sind in Abständen von 18 km angeordnet.

In Bild 3 sind noch Frequenzpläne von anderen, aus dem V 60 abgeleiteten Trägerfrequenzsystemen angegeben. Die Systeme mit der Bezeichnung V sind Vierdrahtsysteme, bei denen die Frequenzvielfache für die beiden Sprechrichtungen auf zwei verschiedenen Leitungen aber im gleichen Frequenzbereich liegen. Bei den mit Z bezeichneten Zweidrahtsystemen werden die Frequenzvielfache der beiden Sprechrichtungen dadurch voneinander getrennt, daß sie in verschiedenen Frequenzbereichen auf der gleichen Leitung übertragen werden. Solche Z-Systeme sind für kürzere Entfernungen geeignet.

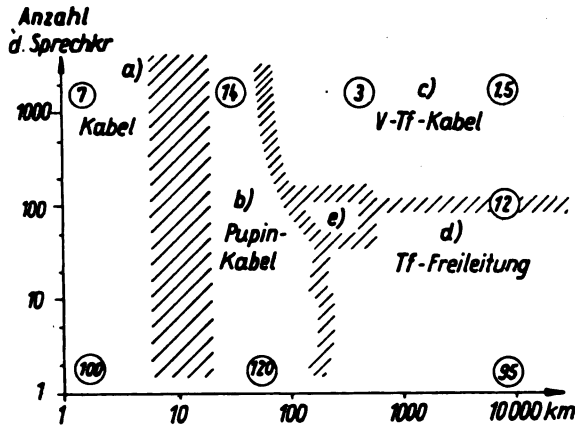
Koaxiale Kabel vermeiden ganz die Begrenzung durch Nebensprechen. Sämtliche Sprechkreise einer Sprechrichtung bilden das Frequenzvielfach auf einer einzigen konzentrischen Leitung. Auf diese Weise können die meisten heute möglichen Kanalzahlen auf einer Leitung übertragen werden. Solche Leitungen sind bereits vor dem Krieg in Deutschland hergestellt worden und sind neuerdings besonders in Amerika, aber auch in anderen Ländern in großem Umfang eingeführt worden. Der Leitungsdurchmesser ist ebenfalls durch das CCI genormt worden und beträgt 1 cm; dieser geringe Durchmesser erlaubt die Übertragung mehrerer solcher Leitungen, meist 4 ... 8, in einem einzigen Kabel. Beim System V 960 werden auf einer Leitung 960 Kanäle übertragen; die Verstärkerabstände betragen dabei 9 km. Die hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Übertragung, die die gleichzeitige Verstärkung einer großen Zahl von Kanälen stellt, ließen sich durch das Gegenkopplungsverfahren nach W. Schottky 1932 erfüllen.

In Bild 4 sind die Kosten von 1 km Sprechkreis verschiedener Trägerfrequenzsysteme im Vergleich zu einer Nebensprechkabelleitung dargestellt. Der Vergleich des Wertes der Koaxialsystems gegenüber symmetrischen Kabeln fällt in dieser Darstellung zugunsten der Koaxial-



ETZ 759  
 Bild 4. Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Trägerfrequenzsysteme.

me aus. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß bei diesen Systemen die Wirkung einer Störung, z. B. Röhrenausfall, schwerwiegend für den Betrieb ist, so daß ausreichend Reserveeinrichtungen vorgesehen werden müssen, die eine störungsfreie Umschaltung ermöglichen. Unter Berücksichtigung dieser Fragen der Betriebssicherheit haben kürzlich H. F. Mayer und E. Hölzler die Wirtschaftlichkeit koaxialer Systeme gegenüber den symmetrischen Kabelsystemen untersucht. Das Ergebnis ist, daß bei den Sprechkreiszahlen und der Engmaschigkeit des Fernnetzes in Deutschland das V 60 System eine sehr günstige Lösung darstellt; erst bei größeren Sprechkreiszahlen wird das Koaxialsystem billiger<sup>1</sup>.



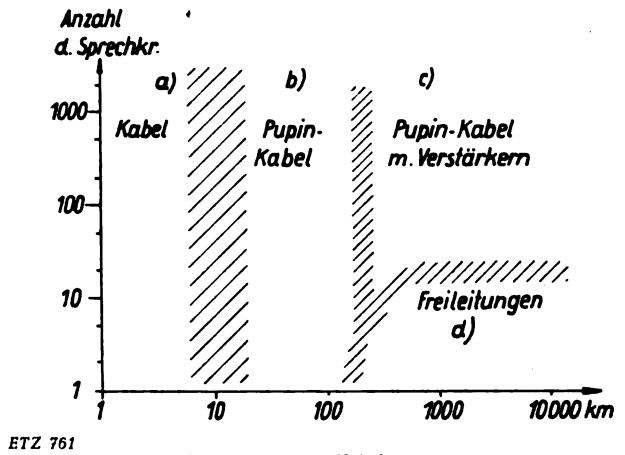
ETZ 760  
 a) unpupinisierte Kabel,  
 b) Pupinkabel,  
 c) Kabel mit Vierdraht-Trägerfrequenzsystemen (symmetrische Kabel und Koaxialkabel),  
 d) Freileitungen mit Trägerfrequenzsystemen,  
 e) Kabel mit Zweidraht-Trägerfrequenzsystemen.  
 Die Zahlen in den Kreisen bedeuten die jährlichen Gesamtkosten je Sprechkreiskilometer in willkürlichen Einheiten.

Bild 5. Wirtschaftliche Anwendungsgebiete der verschiedenen Verbindungsarten abhängig von der Länge und der Zahl der Verbindungen.

Das Bild 5 soll einen Überblick über die Anwendungsgebiete der verschiedenen Trägerfrequenzsysteme ergeben. Für jede Sprechkreiszahl und jede Entfernung ist angegeben, welche Verbindungsart die wirtschaftlichste ist. So ergeben sich bestimmte Flächen für die verschiedenen Systeme. Die Grenzen zwischen diesen Anwendungsflächen sind schraffiert angegeben, da sie wegen verschiedener Nebenbedingungen nicht sehr scharf sind.

Bei Entfernungen unter etwa 30 km liegt der Anwendungsbereich der Kabel ohne Verstärker. c) ist das Gebiet der Vierdraht-Trägerfrequenzsysteme mit symmetrischen oder koaxialen Kabeln. Das Anwendungsgebiet der Zweidraht-Trägerfrequenzsysteme liegt in der mit e) bezeichneten Fläche.

<sup>1</sup> In dem Vortrag wurde die Übertragung von Sprache auf hintereinandergeschalteten Abschnitten der kürzlich fertiggestellten V 60-Trägerfrequenzstrecke Frankfurt—Mannheim bis zu 8000 km Länge vorgeführt.



ETZ 761

a) unpupinisierte Kabel,  
 b) Pupinkabel,  
 c) Pupinkabel mit Zwischenverstärkern,  
 d) Freileitungen.

Bild 6. Wie Bild 5, jedoch im Jahre 1930.

Die Zahlen in den Kreisen bedeuten relative jährliche Gesamtkosten je km Sprechkreis. Sie nehmen wegen der von der Zahl der Sprechkreise unabhängigen Kosten bei größeren Sprechkreiszahlen ab.

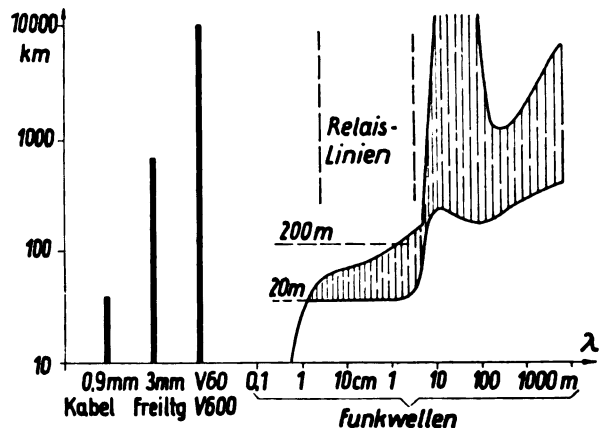
Besonders bemerkenswert ist, daß heute 1 km der für größte Entfernungen geeigneten hochwertigen Verbindungen billiger geworden ist als 1 km einer gewöhnlichen Kabelleitung, die nur für kurze Entfernungen brauchbar ist (z. B. 1,5 Einheiten gegen 7). Dies ist ein Erfolg der Entwicklung der Trägerfrequenztechnik.

Der Vergleich mit Bild 6, das die Verhältnisse vor 20 Jahren darstellt, zeigt die Schnelligkeit, mit der sich die Entwicklung auf diesem Gebiet abspielt. Die beiden Bilder geben natürlich nur Anhaltspunkte; wegen der Verzweigung der Netze und der verschiedenen Bündelstärken kann die wirtschaftlichste Lösung in einem bestimmten Fall nur durch besondere Berechnungen gefunden werden.

Die Trägerfrequenz-Telefonie auf Hochspannungseleitungen wurde in den letzten Jahren auf verzweigte Mittelspannungsnetze erweitert durch die Entwicklung von elektrischen Weichen für die vorkommenden Spannungen und Frequenzbereiche.

### III. Funkübertragung

Die technische Entwicklung der Übertragung mit drahtlosen Wellen hat ziemlich genau vor einem halben Jahrhundert begonnen. Nach der Entdeckung elektrisch erzeugter Wellen durch Heinrich Hertz 1888 und den ersten Versuchen zur Anwendung der Wellen für die Nachrichtenübermittlung durch Marconi 1897 wurde 1901 zum erstenmal der Nordatlantik durch eine Funkverbindung überbrückt. Die Funktechnik übernahm die Ergänzung des Nachrichtenverbindungsnetzes in erster Linie für Aufgaben, für die Leitungen wenig oder gar nicht geeignet waren, wie Nach-



ETZ 762

Bild 7. Reichweiten der Funkwellen.

richtenverbindungen mit bewegten Stationen und zwischen solchen Stationen, Verbindungen über See, Rundstrahlung von Nachrichten an eine Vielzahl von Empfängern, Einrichtung von Nachrichtenverbindungen in kürzester Zeit. Neuerdings beginnt die Funktechnik auch in Gebiete einzudringen, die bisher den Leitungen vorbehalten waren (Relaislinien).

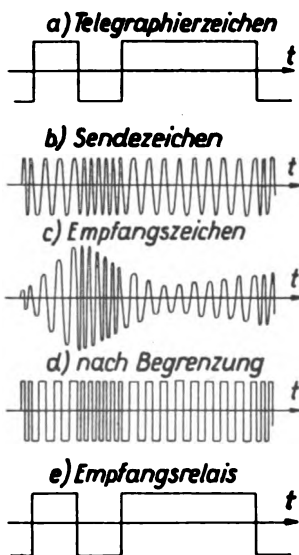
Die Ausbreitungseigenschaften der Funkwellen sind bei den verschiedenen Wellenlängen sehr verschieden. In Bild 7 ist versucht, einen Überblick über die technisch erzielbaren Reichweiten in dem ganzen, heute verwendeten Wellenbereich zu geben. Die großen Reichweiten der „Kurzwellen“ zwischen 10 m und 100 m haben diesen Wellen eine große praktische Bedeutung gegeben. Sie ermöglichen die Überbrückung der Ozeane mit Telegraphie und Telephonie und verbinden Flugzeuge und Schiffe auf größte Entfernungen mit ihren Landstationen.

Leider ist die Zahl der auf der Erde herstellbaren Kurzwellenverbindungen sehr beschränkt. Von den im Prinzip in diesem Wellenbereich möglichen rund 6000 Kanälen von je 4 kHz Bandbreite kann nur ein Bruchteil gleichzeitig betrieben werden, da wegen der stark schwankenden Ausbreitungsverhältnisse eine größere Zahl von Wellenlängen für jede Verbindung zur Verfügung stehen muß. Eine große Summe von Forschungs- und Entwicklungsarbeit war erforderlich, um zu erreichen, daß heute Telephonverbindungen mit Kurzwellen im Betrieb wie Leitungsverbindungen mit dem Leitungsnachrichtennetz zusammenschaltet werden können. Die wichtigsten Mittel dazu waren:

1. die Aufklärung der Ausbreitungseigenschaften; heute kann mit einiger Sicherheit vorausgesagt werden, welche Wellenlänge für eine bestimmte Verbindung zu einer bestimmten Jahres- und Tageszeit zweckmäßig verwendet wird.
2. die Anwendung des Einseitenbandverfahrens zur Übertragung; dadurch konnten die Übertragungsverzerrungen und -störungen wesentlich reduziert werden.
3. Hilfseinrichtungen, die die Übertragungsschwankungen unschädlich machen, wie selbsttätige Amplituden- und Frequenzregelung der Empfänger, automatische Geräuschminderer und Sprachvolumenregler sowie Rückkopplungssperren.
4. die Mehrfachausnützung der Kurzwellenverbindungen mit Trägerfrequenzkanälen; die Kurzwellen-Telephonieverbindungen arbeiten heute mit 3...4 Sprechkanälen in einem Frequenzband von 12 kHz Breite<sup>2</sup>.

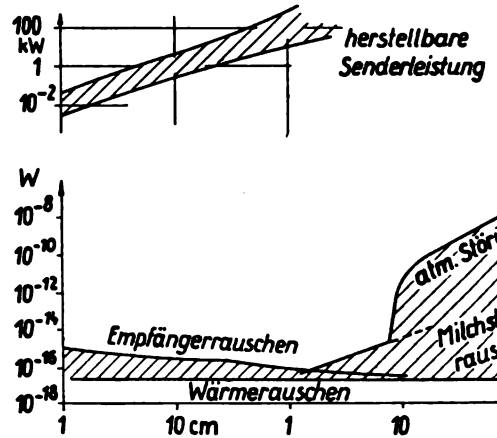
Zur Zeit geben die Kurzwellen die einzige Möglichkeit, transozeanische Telephonverbindungen herzustellen. Eine interessante Entwicklung auf dem Kabelgebiet ist in den letzten Jahren besonders von den Bell-Laboratorien in Amerika, aber auch an anderen Stellen begonnen worden, nämlich Seekabel mit eingebauten Zwischenverstärkern, die mit dem Kabel in die See versenkt werden. Das erste Tiefseekabel dieser Art ist vor kurzem von der Bell-Gesellschaft zwischen Florida und Cuba in Betrieb genommen worden, es ist 200 km lang und enthält 3 Zwischenverstärker in einer Wassertiefe bis zu 1800 m.

Für die Übertragung von Telegraphie im Kurzwellenbereich ist in den letzten Jahren in steigendem Umfang die Frequenzmodulation eingeführt worden, deren Prinzip durch Bild 8 erläutert werden soll.



ETZ 763 Bild 8. Prinzip der Telegraphie mit Frequenzmodulation („Frequenzumtastung“).

<sup>2</sup> In dem Vortrag wurde ein Gespräch zwischen Stuttgart und New York vorgeführt.



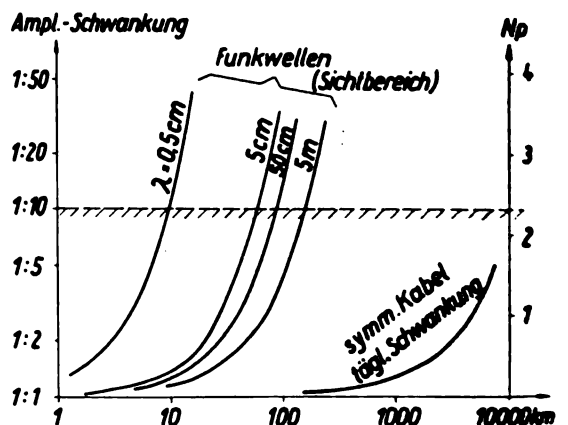
ETZ 764 Bild 9. Störpegel beim Funkempfang (im 4 kHz-Band) und herstellbare Sendeleistungen.

Besondere Telegraphierverfahren haben die Möglichkeit ergeben, Störungen von Telegraphierzeichen jeweils zu entdecken, so daß sie korrigiert werden können; sie beruhen darauf, daß mehr Stromschritte für ein Telegraphierzeichen verwendet werden, als nach der Zahl der Buchstaben des Alphabets erforderlich wäre, z. B. 7 statt 5.

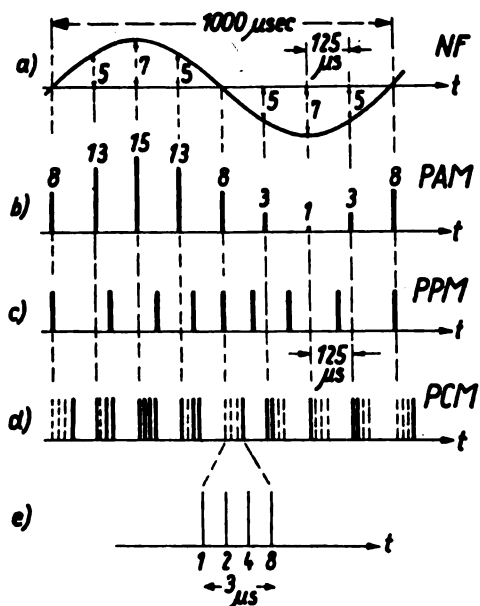
Einen Überblick über die bei den verschiedenen Wellenlängen auftretenden unvermeidlichen Empfangsstörungen gibt Bild 9. Das Wärmerauschen der Elektronen in den elektrischen Leitern entspricht bei einer Bandbreite von 4 kHz einer Störleistung von rund  $10^{-17}$  W. Die atmosphärischen Störungen sind im Bereich der mittleren Wellen bis zu mehr als 10 Milliarden mal so stark.

Die Erschließung der kürzeren Wellen hat hier einen wichtigen Fortschritt gebracht. Es hat sich gezeigt, daß die atmosphärischen Störungen unterhalb einer Wellenlänge von 10 m schnell abnehmen, so daß bei den kürzesten Wellen heute nahezu die nicht unterschreitbare Grenze des Wärmerauschens erreicht wird. Dieser niedrige Störpegel erlaubt die Verwendung niedriger Sendeleistungen, zu der noch die Möglichkeit der Bündelung der Wellen beiträgt.

Dagegen hat sich die anfänglich entstehende Ansicht, daß die Übertragung in diesem Wellengebiet auch zeitlich völlig konstant sei, durch die neueren Erfahrungen nicht bestätigt. Selbst bei freier Sichtlinie zwischen Sender- und Empfangsantenne treten Schwankungen der Empfangsfeldstärke infolge von Interferenzen und von Absorption in der Atmosphäre auf, die mit wachsender Entfernung zwischen Sender und Empfänger stark zunehmen. Bild 10 faßt das darüber veröffentlichte Beobachtungsmaterial in einer ersten Übersicht zusammen. Die Kurven zeigen den Grad des momentanen Schwundes der Empfangsfeldstärke, der bei den angegebenen Entfernungen und Wellenlängen nur in 0,5% der Zeit noch unterschritten wird. Durch diese Schwankungen der Empfangsfeldstärke sind praktisch die betriebssicheren überbrückbaren Entfernungen bei diesen kürzesten Wellen



ETZ 765 Bild 10. Schwankungen der Empfangsfeldstärke bei Funkverbindungen und Kabeln.



Z 766  
Bild 11. Pulsmodulationsverfahren: a) Niederfrequenzsignal, b) Pulsamplitudenmodulation, c) Pulsphasenmodulation, d) u. e) Puls-Codemodulation.

begrenzt. In Bild 7 ist daher bei 200 m Antennenhöhe die Sichtweite geringer als die optische Sichtweite (rd. 100 km).

Bei den Funkrichtverbindungen oder Relaislinien werden die Empfangsströme in Zwischenstationen verstärkt und wieder ausgesendet. Die Abstände der Zwischenstationen werden so gewählt, daß die durch Bild 10 dargestellten Schwankungen genügend gering bleiben. Gezyklische Modulationsverfahren machen restliche Schwankungen unschädlich. Im Meterwellenbereich ergibt sich mit Frequenzmodulation eine besonders günstige Lösung. Wegen der zunehmenden Besetzung des Äthers ist jedoch der Übergang auf immer kürzere Wellen erforderlich. Dies vermehrt die für die Relaislinien erforderlichen Aufwand; nach Bild 10 sind z. B. bei 5 cm Wellenlänge rd. doppelt so viele Zwischenstationen erforderlich wie bei 5 m Wellenlänge; bei 1 cm Wellenlänge würden 10...15 mal so viele Zwischenstationen erforderlich werden wie bei 5 m Wellenlänge. Einen gewissen Ausgleich gegenüber diesem Mehraufwand haben die Verfahren der Pulsmodulation gebracht, die in den letzten 10 Jahren besonders in den Laboratorien der International Telephone & Telegraph Corporation und in den Bell Laboratories entwickelt wurden. Das Bild 11 erläutert die wichtigsten Ausführungsformen, von denen heute besonders mit PPM bezeichnete Verfahren der Pulsphasenmodulation angewendet wird. Das Zeitvielfach ergibt gegenüber der Frequenzvielfach den Vorteil eines geringeren Aufwandes in den Endgeräten und einer einfacheren Abzweigung von Kanälen in den Zwischenstationen, benötigt aber verhältnismäßig breites Frequenzband.

Eine interessante Anwendung solcher Relaislinien hat neuerdings in Hochspannungsnetzen ergeben, und zwar die laufende Überwachung der Isolatoren. Ein Überschlag des Isolators erzeugt zwei zu den beiden Enden der Hochspannungsleitung laufende Impulse, deren Zeitunterschied für eine Relaislinie ohne Störung der Nachrichtenübertragung gemessen werden kann. Damit kann der Ort des Überschlags bestimmt und registriert werden.

Die Frage nach dem wirtschaftlichen Verhältnis zwischen Relaislinien und Leitungsübertragungssystemen ist der Schnelligkeit der Entwicklung zur Zeit noch nicht zu beantworten.

Ein wichtiger Vorteil der Relaislinien liegt besonders in den kürzesten Wellen darin, daß sehr breite Frequenzbänder übertragen werden können, wie sie z. B. im Fernbereich gebraucht werden. Dies ist gegenwärtig eine wichtige Anwendung solcher Linien.

Die kürzesten Wellen sind auch für tragbare und verborgene Geräte wegen der geringen erforderlichen Leistung gut geeignet. Diese Geräte arbeiten in erster

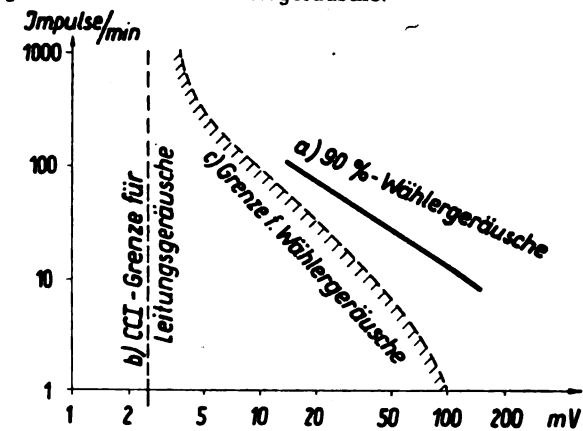
Linie im Meterwellenbereich, da diese Wellen um kleinere Hindernisse noch gut herumgebogen werden<sup>3</sup>.

Untrennbar verknüpft mit der Entwicklung der Technik der Nachrichtenverbindungen ist die Entwicklung der Bauelemente, der Verstärkerröhren, der Leitungen, der Widerstände, Kondensatoren, Spulen usw., aus denen die Geräte aufgebaut werden; sie hat die Einbeziehung immer höherer Frequenzen, die Übertragung immer breiterer Frequenzbänder und die ständig fortschreitende Verkleinerung der Abmessungen der Geräte bei geringstem Aufwand ermöglicht.

#### IV. Die Vermittlungstechnik

Die Vermittlungseinrichtungen bilden einen wesentlichen Bestandteil der Nachrichtennetze. Die praktischen Aufgaben werden hier mehr und mehr durch die Wähltechnik gelöst, die von den Ortsnetzen her in das Fernnetz eindringt. Das Fernschreibnetz ist in Deutschland von Anfang an als Wählnetz eingerichtet worden. Die Verbilligung der Fernsprechverbindungen durch die Trägerfrequenztechnik erlaubt die Bereitstellung einer genügend großen Zahl von Verbindungswegen zur Deckung der Spitzenbelastungen des Verkehrs, so daß auch für die Telephonie heute die Vorbereitungen zur Einführung einer Fernwahl über das ganze Land von der Deutschen Bundespost getroffen werden.

Es ist auffällig, daß die Wähltechnik auf der Erde noch außerordentlich uneinheitlich ist. Eine zweckmäßigste Lösung, wie sie sich in der Technik bei genügend langer Entwicklungszeit immer einstellt, scheint noch nicht gefunden worden zu sein. Der hohe Stand, den die Wähltechnik in ihren Auswirkungen schon erreicht hat, läßt noch eine Reihe von Wünschen offen. Als Beispiel der Probleme werde nur auf einen Punkt kurz eingegangen: die Kontaktfrage der Wähler. Mangelhafte Kontakte erzeugen zusätzliche und zeitlich schwankende Dämpfungen in den Sprechverbindungen und verursachen Störgeräusche.



ETZ 767  
Bild 12. Wählergeräusche in Fernsprech-Vermittlungsämtern und zulässige Grenzen.

Das Bild 12 soll den gegenwärtigen Stand dieser Frage bei den Schrittwählern, wie sie in Deutschland verwendet werden, erläutern. Kurve a) gibt die gemessenen Spannungsspitzen, wie sie in einem Fernsprechwahlamt in 90% der Beobachtungszeit auftreten; in 10% der Zeit ergaben sich also noch höhere Spannungswerte. Die Kurve b) zeigt die CCI-Grenze für Geräusche in Leitungen. Beim Vergleich der beiden Kurven muß nun beachtet werden, daß Geräusche weniger stören, wenn sie seltener sind. Auf Grund von verschiedenen Beobachtungen gibt Kurve c) an, wo etwa die zulässige Grenze für derartige Geräusche liegt. Während also bei rasch hintereinander folgenden Impulsen die Spannung unter 5 mV liegen muß, ist eine Spannungsspitze von 100 mV zulässig, wenn sie seltener als einmal je Minute auftritt. Die Entwicklung der Wähltechnik muß erreichen, daß alle Störspannungen mindestens innerhalb des schraffierten Bereiches liegen. Erfolgreiche Ansätze zur Lösung dieser Aufgabe sind bereits in verschiedener Form vorhanden.

<sup>3</sup> In dem Vortrag wurde ein Gespräch von einem Wagen aus vorgeführt.



### V. Schlußbemerkungen

Die Frequenzbandbreite der Nachrichten ist ein bestimmendes Element für die Entwicklung der Nachrichtenverbindungen. In den letzten Jahren zeigen sich hier neue Möglichkeiten. Sie beruhen auf der besonders durch C. E. Shannon und N. Wiener gewonnenen Erkenntnis, daß der Nachrichteninhalt der Nachrichtenströme nicht allein durch das Frequenzband dieser Ströme bestimmt ist, sondern auch durch die Zahl der Amplitudenstufen, die in diesen Strömen unterscheidbar sind. Daraus folgt, daß ein und derselbe Nachrichteninhalt entweder mit breitem Frequenzband bei starken zulässigen Störströmen oder mit schmalen Frequenzband und hohem Geräuschabstand übertragen werden kann. Eine weitere Folgerung war, daß der Nachrichteninhalt der heute zur Nachrichtenübertragung verwendeten Ströme durchweg viel größer ist, als es für die Verständlichkeit der Nachricht nötig wäre. Ein bereits ausgeführtes Gerät, das diesen Sachverhalt benützt, ist der sog. *Vocoder* der Bell Laboratorien, durch den der Frequenzbereich der Sprache für die Übertragung auf einige Hundert Hz herabgesetzt wird, ohne daß die Verständlichkeit allzu sehr leidet.

Diese Konsequenz ist besonders interessant. Noch sind die Mittel nicht bekannt, mit denen man die Nachrichten allen überflüssigen Beiwerks entkleiden kann, das für die Übertragung des Nachrichteninhalts nicht unbedingt erforderlich ist. Hier kann daher der Keim einer noch nicht übersehbaren Weiterentwicklung der Nachrichtenübertragungstechnik liegen.

Die durch die Entwicklung der Nachrichtenverbindungen angestrebte fortschreitende Herabsetzung des Aufwandes ermöglicht die Erschließung neuer Nachrichtenmittel. Für den gegenwärtigen Abschnitt der Entwicklung dürfte die zunehmende Einbeziehung des sichtbaren Bildes durch Bildtelegraphie und Fernsehen kennzeichnend sein.

Diese Weiterentwicklung der Nachrichtentechnik wird in Bewegung gehalten durch den Erfindungsgeist und die ermüdlichen Anstrengungen einer unübersehbaren Zahl von Forschern und Ingenieuren auf der ganzen Erde. Es ist ermutlich, daß die deutsche Industrie so rasch nach dem Zusammenbruch Deutschlands auch auf dem Gebiet der elektrischen Nachrichtentechnik wieder wettbewerbsfähige Erzeugnisse liefern kann. Deutschland leistet aber seinen vollen Beitrag zu der hier vorliegenden Aufgabe nur, wenn auch an den Grundlagen der Wissenschaft wieder in ausreichendem Umfang gearbeitet wird. Das ist jetzt noch nicht der Fall.

Die elektrische Nachrichtentechnik bildet ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, wie einerseits die Erkenntnisse von ganz entlegenen Gebieten der Physik und Chemie plötzlich neue Anwendungen ermöglichen und wie andererseits infolge der Schnelligkeit der Entwicklung bei einem so wichtigen Zweig menschlicher Bemühungen jedes Verweilen in kurzer Zeit zum Veralten führt. Es bedarf der ganzen Breite naturwissenschaftlichen Forschung, nicht nur der Industriellen, sondern auch in den staatlichen und staatlich geförderten Instituten, damit wir auf diesem Gebiet auch auf längere Sicht mit den Anforderungen Schritt halten können.

## „Neue Art des Rundfunkempfangs“ realisierbar?

Kleine Kritik zu: Neue Art des Rundfunkempfangs<sup>1</sup>

DK 6421.39647

An der Möglichkeit einen Superhet in der in Heft 9/51 beschriebenen Weise abzuändern und somit einen Rundfunkempfang mit Hilfe einer kleinen Abhöreinrichtung zu ermöglichen, besteht kein Zweifel; mag diese Idee aber auch im ersten Augenblick verlockend erscheinen, so muß man bei ernsthafter Überlegung doch zu dem Schluß kommen, daß eine Verwirklichung in der Praxis rein technisch und auch wirtschaftlich keinerlei Vorteile erbringt.

Bekanntlich stieß die Wahl einer günstigen Zwischenfrequenz, während der Entwicklung von Überlagerungsempfängern, auf erhebliche Schwierigkeiten, einfach deshalb, weil immer wieder Störungen durch auf dieser Frequenz arbeitende Sendestationen auftraten. Selbst die relativ schwachen Harmonischen der Langwellensender führten zu Überlagerungen in den Zwischenfrequenzstufen und ergaben unangenehme Pfeifstörungen. Durch Freihaltung der heute international festgelegten Zwischenfrequenzen, durch Einbau von Zf-Saugkreisen und exakte Abschirmungen ist hier Abhilfe geschaffen worden.

Strahlt man also eine Sendung auf der Zwischenfrequenz aus, dann wird sie von allen Superhets im Umkreis von einigen hundert Metern aufgenommen werden, die auf der gleichen Zwischenfrequenz arbeiten, und das sind ja 90% aller Überlagerungsempfänger. In unmittelbarer Nachbarschaft werden auch die kleinen Einkreisempfänger erheblich gestört werden.

Dazu sei folgender Fall aus der Reparaturpraxis erwähnt:

Der Besitzer eines Mittelklassensupers hörte wie gewohnt seinen Ortssender Frankfurt. Plötzlich ertönte ein leises Knacken, und er vernahm das typische Geräusch, das er vom Durchdrehen seiner Skala beim Suchen eines passenden Programms gewöhnt war, bis sich schließlich der Sender Stuttgart von selbst einstellte und seinen Ortssender weit übertönte. Diese Geisterstimmen stellten sich des öfteren, aber immer nur kurze Zeit, ein. Messungen ergaben nun, daß die Zf-Stufe eines in der

Nachbarschaft betriebenen Supers in Selbsterregung geraten war und das jeweils eingestellte Programm abstrahlte. —

Die Zwischenfrequenz selbst käme also nicht in Betracht. Frequenzverdopplung ist aus 2 Gründen nicht durchführbar: erstens wegen der vorhandenen Vorstufenmodulation, dann würde sich auch die Niederfrequenz verdoppeln, was zweitens viele die doppelte Frequenz in den Mittelwellenbereich.

Zur Wirtschaftlichkeit wäre folgendes zu sagen:

Das Betreiben einer Sendestation bedarf der besonderen Genehmigung der Bundespostbehörde, und ist, setzt man sich solche Genehmigung voraus, gebührenpflichtig. Die besten Geräte müssen besonderen Anforderungen genügen (z. B. Frequenzkonstanz) und laufend überwacht werden.

Reparaturen wären nur den von der Post geprüften und genehmigten Fachleuten gestattet.

Auch das Gerät selbst würde sich wesentlich verteueren. Es stellt ja im Sendebetrieb einen vorstufenmodulierten 5stufigen Sender, mit 4stufiger Geradausverstärkung dar. Rückwirkungen, besonders die unerwünschte Selbsterregung sind daher nur sehr schwer zu vermeiden.

Es darf aber auch nicht außer Acht gelassen werden, daß die Klangqualität bei Kopfhörerempfang bei weitem den Anforderungen genügt, die man an eine einwandfreie, genußreiche Musikübertragung stellen muß. Selbst der Empfang amplitudenmodulierter Sendungen mit Superhet, wie uns an ein Frequenzspektrum von 4500 Hz bindet, und ein solches Lautsprecher befriedigt heute nicht mehr, so daß für Qualitätsempfang immer mehr den frequenzmodulierten UKW-Empfang bevorzugt, der es allein ermöglicht, das gesamte erzeugte Frequenzspektrum mit besonderen Breitbandlautsprechern wiederzugeben.

Die hier kurz dargelegten Überlegungen zeigen die Meinungsverschiedenheiten einer Hörergemeinschaft, die ein zu empfangendes Rundfunkprogramm die Anschaffung eines Zweitempfängers wesentlich wirtschaftlicher machen dürfte.

Waldemar Köpcke

<sup>1</sup> s. ETZ 72 (1951) H. 9, S. 268.

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 620.92

ragen der künftigen Elektrizitätsverwertung. [Nach Elektrizitätsverw. 25 (1950) S. 185; 15 S.]

In den westeuropäischen Ländern machen sich Bestrebungen zum engeren Zusammenschluß der einzelnen Volkswirtschaften bemerkbar. Dies ist erforderlich im Hinblick darauf, daß die Marshall-Gelder nur zeitlich begrenzt verfügbar sind. Infolgedessen müssen die europäischen Volkswirtschaften ihre Produktivität erhöhen, um nach geraumer Zeit in der Lage zu sein, die Einfuhren durch eigene Leistungen und Güter höchster Qualität zu decken. Die Voraussetzung hierfür ist u. a. eine steigende Verwendung der Energie. Ihr kommt damit eine außerordentliche Bedeutung zu. Die bisher verfolgte Tendenz, die Energieerzeugung weit nach rein technischen Gesichtspunkten zu betrachten und zu entwickeln, ist abwegig; primär ist es ein wirtschaftliches Problem. Es kann nur dann befriedigend gelöst werden, wenn der Anschluß der Energiewirtschaft an die volkswirtschaftliche Gesamtheit gelingt. Der künftige Aufbau der westeuropäischen Energiewirtschaft ist durch das Fehlen organisierter Kapitalmärkte ebenfalls auf die Gelder des Marshall-Planes angewiesen; er muß daher die günstigsten Produktionsbedingungen ausnutzen. Als Kernstück des europäischen Energieprogrammes ist eine europäische Verbundwirtschaft anzusehen, die die unterschiedlichen Produktionsmöglichkeiten und die starke Streuung der Produktionszentren ausgleichen soll. Zur Verwirklichung dieser Pläne muß eine Handelspolitik betrieben werden, die die Energie ebenfalls als Ware betrachtet, welche in den beteiligten Ländern nach einheitlichen Gesichtspunkten fiskalisch belastet wird, gleichzeitigiger gewisser Einheitlichkeit der Monopolgesetzgebung.

Die Stellung der Schweiz in der künftigen europäischen Energiewirtschaft wird vor allem davon abhängen, ob ihre günstigen Produktionsbedingungen für andere Länder nutzgemacht werden können. Vorerst muß sie danach trachten, den gegenwärtigen Energieanfall weitgehendst im Inland abzusetzen. Die seit 1940 stürmische Entwicklung des schweizerischen Energieverbrauches, die sogar Einschränkungsmaßnahmen erforderlich machte, ist von einem Normalzustand abgelöst worden. Ihm folgt vielleicht durch die absehbare Zeit fertiggestellten Kraftwerke ein Übergang an Energie.

Die in der Nachkriegszeit erbauten Werke mit ihren wesentlich höheren Erstellungskosten haben eine Steigerung der Gesteuerungskosten mit sich gebracht. Für die Deckung der Mehrkosten schaltet eine Tarifierhöhung infolge ihrer dämpfenden Wirkung aus. Nur eine gewaltige Absatzsteigerung kann sie decken. Die Elektrizitätsindustrie, die während der Kriegszeit ihre Hochkonjunktur und gute Exportmöglichkeiten hatte, ist wieder zum Normalverbraucher geworden. Auch für die nächsten Jahre ist kaum mit einer bedeutenden Erhöhung ihres Verbrauches zu rechnen. Daher kann der landwirtschaftliche, gewerbliche und Hausabnehmer in Verbindung mit einfachen und absatzfördernden Tarifen für eine Verbrauchssteigerung gewonnen werden. Eine Marktuntersuchung und -überwachung wird über Klarheit geben, auf welchen Gebieten durch geeignete Werbe- und Verkaufsmaßnahmen energieverbrauchende Apparate untergebracht werden können.

Da die Elektrizitätswirtschaft, die den Charakter eines öffentlichen Dienstes hat, im Mittelpunkt des allgemeinen Interesses steht, ist gleichzeitig die „öffentliche Meinung“ zu berücksichtigen und zu pflegen. Die Schwierigkeiten der Erhaltung von Material und die bewußte und unbewusste Geheimnistuerei von Seiten der Elektrizitätswerke dürfen nicht fortfallen. Die Öffentlichkeit soll durch die Presse von bestehenden Schwierigkeiten der Versorgungsunternehmen unterrichtet werden. Der Erfolg jeder Werbung ist vom Verständnis und vom guten Willen des Abnehmers abhän-

gig. Diese unwägbaren und doch so wichtigen Meinungskräfte helfen, die konkreten technischen und wirtschaftlichen Aufgaben besser und leichter zu lösen. Mg

DK 621.311.11/21 (411)

Das Loch Sloy-Kraftwerk in Betrieb. [Nach Electr. Tms. (1950) H. 3077, S. 648; 4 S., 7 B.]

Anfang Oktober 1950 wurde das Loch Sloy-Kraftwerk durch die englische Königin eingeweiht. Das Kraftwerk, das der North of Scotland Hydro-Electric Board gehört, dient hauptsächlich dazu, das 30 km südöstlich davon gelegene Industriegebiet von Glasgow mit Energie, insbesondere mit Spitzenlast, zu versorgen. Der Stausee wird durch einen Damm von 352 m Länge und einer größten Höhe von 49 m abgeschlossen. Ein Tunnel von 3,8 km und einem Durchmesser von 4,9 m verbindet den See mit dem Wasserschloß, wo das Wasser auf vier 457 m lange stählerne Druckrohre von 2,1 m Durchmesser verteilt und den vier Francis-Turbinen von je 46 000 PS zugeführt wird. Die Läufer der Maschinensätze (Bild 1) ruhen in drei Lagern, von denen das obere Spurlager das Gewicht des Läufers und den Wasserdruck von 235 t zu tragen hat. Alle Lager werden durch Drucköl geschmiert, das in besonderen Kühlern auf ungefähr konstanter Temperatur gehalten wird. Um Wasserschläge beim plötzlichen Abschalten der Last zu verhindern, öffnet ein Ventil eine Umgehungsleitung, sobald die Leitschaukeln aus nichtrostendem Stahl sich schließen. Die Drehzahl wird durch einen Druckölbetätigten Regler konstant gehalten. Sobald eine Störung in dem Druckölsystem auftritt, werden die Leitschaukeln selbsttätig geschlossen. Es besteht ferner die Möglichkeit, in diesem Falle die Maschine auch von Hand zu regeln.

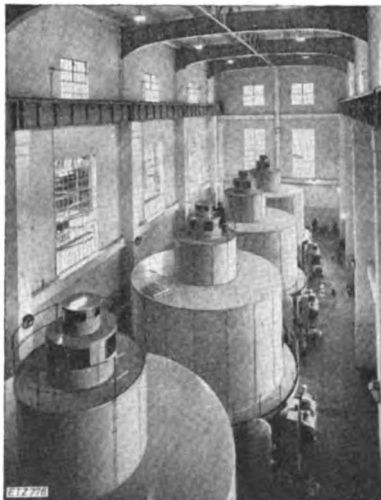


Bild 1. Blick in die Maschinenhalle des Kraftwerkes Loch Sloy.

Jeder Generator ist für 32,5 MW ausgelegt. Die Rotoren von je 107 t sind aus 12 auf die Achse von 50,8 cm Durchmesser aufgeschraubten und verkeilten Stahlplatten aufgebaut, während die Pole in Schwalbenschwanznuten eingelassen sind. Auf den Läuferachsen sind ferner die Lüfter aufgeschraubt, welche die Kühlluft durch die Wicklungen und sechs außen angebrachte Kühler treiben. Im Winter wird ein Teil der Warmluft in die Maschinenhalle geblasen. Bei Brandgefahr wird Kohlensäure in das Kühlluftsystem geleitet.

Die Maschinenspannung von 11 kV wird in vier 35 MVA-Transformatoren auf 132 kV hochgespannt. Sie sind mit Zwangslömlauf und Wasserkühlung ausgestattet. Von den Transformatoren wird die Leistung über Freileitungen zu dem 1,6 km entfernten Schaltwerk geleitet. Die Ölleistungsschalter mit einer Schaltleistung von je 1500 MVA enthalten 2700 l Öl, was als Fortschritt gegenüber früheren Bauarten dieser Leistung, die 4500 l enthielten, erwähnt wird. Die Schalter werden pneumatisch betätigt. Bemerkenswert ist die Schaltwarte, weil zum ersten Male als Steuerstrom für sämtliche Regel- und Schaltorgane 50 V Gleichstrom mit

Stromstärken von durchschnittlich 20 mA verwendet wird. Zwischenrelais steuern die Schließ- und Auslösespulen der Geräte. Durch die geringe Stromstärke war es möglich, sehr leichte Kabel und kleine Geräte in der Schaltwarte zu verwenden. WH

**Geräte**

DK 621.314.21 : 534.83

**Verminderte Geräusche von Transformatoren.** [Nach C. McLean: Electr. Wld, 134 (1950) S. 114; 3 S., 3 B.]

Brummgeräusche in Betrieb befindlicher Großtransformatoren — zumal bei niedriger Frequenz von 50 ... 60 Hz — können bei Überschreiten einer gewissen Grenze, die um etwa 60 db herum liegt, als lästig und sogar als unerträglich empfunden werden. Anhaltspunkte dafür geben die NEMA-Normen.

Hier wird über eine hausähnliche, geräuschmindernde Umkleidung eines 15 MVA-Umspanners 110/66—11 kV berichtet, die von der Pacific Power and Light Co in Portland/USA im Jahre 1949 ausgeführt wurde und durch die eine Geräuschminderung im Mittel von etwa 77,5 db auf etwa 59, also um 18,5 db erzielt wurde. Diese Maßnahme erwies sich als notwendig, weil der Umspanner in einem bewohnten Stadtteil an verkehrsreichen Straßen in unmittelbarer Nähe von Wohnhäusern aufgestellt war und der Umspanner selbst von normaler Bauart war, also weder durch die Wahl des Kernmaterials noch durch die Höhe der Induktion auf eine Geräuschminderung Rücksicht genommen wurde.

Bekanntlich ist in solchen Fällen eine Geräuschminderung in der Hauptsache abhängig vom Wandgewicht  $G$  ( $D = 10 \lg 1,54 G^2 f^2 / 10^5$  [db]). Das ist der Grund dafür, daß nach mehrfachen Versuchen mit Holzfiber, Kork, Glasfaser und Asbest eine Umkleidung mit einer Mauer aus sandgefüllten Bimssteinblöcken die besten Ergebnisse versprach. Für die Isolierung des auf Eisenbetonrahmen ruhenden Halbdaches, das mit Ziegeln abgedeckt ist und für dekorative Zwecke an der Außenfront des Gebäudes haben sich Preßglasplatten als am vorteilhaftesten gezeigt. Mit einer solchen Ausführung wird sowohl eine Absorption als auch eine Isolierung der Geräusche erreicht.

Das ganze Bauwerk mit einer inneren Trennwand hat bei 5 m Höhe eine Grundfläche von 14x7 m. Die einzelnen Bimssteinblöcke haben Abmessungen von 20x20x40 cm. Stahleinlagen und geeigneter Mörtel sollen die Bildung von Rissen verhindern.

Die Frage der Lüftung wird nur am Rande behandelt. Drei untere Lufteintrittsöffnungen, die im Gebäudeinnern durch eine niedrige Trennwand (0,9 m) abgeschirmt wurden, sind später vollkommen geschlossen worden. Bemerkenswert ist aber, daß die Fertigstellung des Daches und die Schließung der Lüftungsöffnungen allein eine Geräuschminderung von 13 db im Durchschnitt ergeben haben. Wenn die Auswechslung des Umspanners erforderlich ist, muß eine Wand ausgebrochen werden.

Die Gesamtkosten des Baues haben 8000 \$ betragen. Damit wird eine Geräuschminderung von 18,5 db erreicht. Immerhin würde eine geräuschmindernde Transformatorausführung beträchtlich teurer sein.

Man muß sich aber unter dem Gesichtspunkt einer Geräuschverminderung fragen, ob in bebauten Stadtgebieten nicht von vornherein solche Transformatoren in gemauerten Bauwerken statt in Freiluftausführung aufgestellt werden sollten. In dieser Hinsicht scheint auch die blechgekapselte Bauweise, wie sie auch für große Anlagen aus den USA zu uns herüberdringt, unzulänglich zu sein.

Der Bericht enthält neben einer ausführlichen Beschreibung Bilder und Meßergebnisse. Zw

DK 621.316.92

**Neuer Sicherungsautomat.**

Der Zweck der vorliegenden Neuerung ist, bei Auslösung der elektrischen Sicherung durch Kurzschluß in der Übergangszeit bis zur Behebung der Fehlerquelle eine Lichtquelle zur Verfügung zu haben, die sich selbsttätig über einen von dem gleichen Lichtnetz gespeisten Notstromkreis einschaltet und auch nach der Fehlerbeseitigung und Wiedereinschaltung der Sicherung selbsttätig wieder ausschaltet.

Es ist ein großer Übelstand, daß bei plötzlich eintretenden Kurzschlüssen sämtliche Wohn- oder Büroräume in Dunkel gehüllt sind und man sich zur Auswechslung der Sicherung oder zum Wiedereinschalten der Automaten-sicherung zum Standort des elektrischen Zählers erst hin-

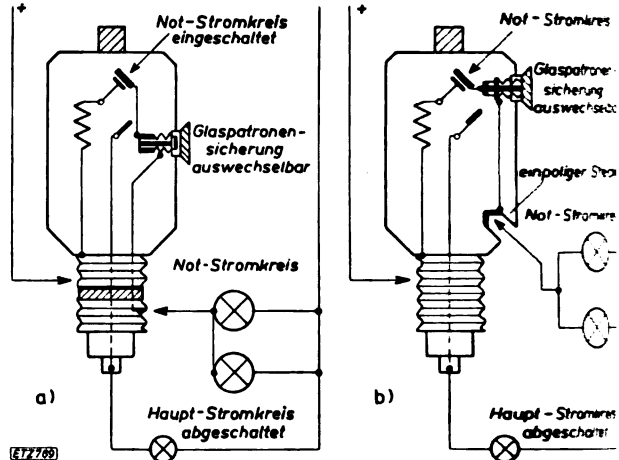


Bild 2. Sicherungsautomat mit Notstromkreis.

„tasten“ muß. Großbetriebe können sich eine sich selbst einschaltende oder mit Hand einzuschaltende Batteriebeleuchtung leisten.

Um nun jedem Einzelnen die Vorteile einer sich selbsttätig einschaltenden Notbeleuchtung zu schaffen, ist dieser Spezialsicherungsautomat geschaffen worden, der bei Kurzschluß sofort einen besonderen Lichtstromkreis einschaltet und solange eingeschaltet läßt, bis Kurzschluß behoben und der ausgelöste Sicherungsautomat wieder eingedrückt ist.

Aus Bild 2 ist zu ersehen, welche zusätzlichen Änderungen die bisher gebräuchlichen Sicherungsautomaten halten: lediglich einen Kontakt und ein Sicherungselement für Glaspatronensicherungen und von dort aus eine einpolige Leitung zu den als Notbeleuchtung dienenden Brennstellen von denen sich zweckmäßig eine in unmittelbarer Nähe der Zählertafel befindet. Ist der Kurzschluß behoben, wird einfach wieder der Sicherungsautomat eingedrückt, wodurch einerseits der normale Stromkreis wieder ein- und der Notstromkreis ausgeschaltet wird. Bei Sockelautomaten ist die obenerwähnte dritte Leitung einfach herauszuführen, die Einschraubensicherungsautomaten ansprechen ein für drei Leitungsanschlüsse (anstatt vorher für zwei) vorgesehenes Sicherungselement; eine Draht zeigt Bild 1a. In Bild 1b ist angedeutet, wie unter Beibehaltung der üblichen zweipoligen Sicherungselemente solcher Spezialsicherungsautomat für einen Notstromkreis Betrieb gesetzt werden kann: mit einer einpoligen Verbindungsschnur, die die von unterhalb der Zählertafel gehende dritte Leitung für den Notstromkreis mit dem zusätzlichen Kontakt über die Glaspatronensicherung des Automaten verbindet. Der Notstromkreis ist, den Vorschriften entsprechend, extra abgesichert. Die beiden Zeichnungen zeigen den Notstromkreis eingeschaltet und den Hauptstromkreis ausgeschaltet.

Einen größeren Anwendungsbereich, außer in allen Privathaushalten, wird man in Krankenhäusern und ähnlichen Institutionen finden, wo gegebenenfalls bei Unmöglichkeit einer schnellen Fehlerbeseitigung gewisse Gefahrenmomente durch den sich automatisch einschaltenden Lichtstrom beseitigt werden können. H. Marsia

**Lichttechnik**

DK 621.326.42

**Lebensdauer einer glühenden Wolframwendel.** [Nach B. Bas-Taymaz: Z. ang. Phys. 2 (1950) S. 375.]

Die Lebensdauer eines im Hochvakuum glühenden Wolframfadens wird durch Instabilitäten der Temperaturverteilung beendet, die an den höchstbeanspruchten Stellen ungleichmäßige Durchmesserabnahme auftreten. Bas-Taymaz rechnet man mit einer Gewichtsabnahme von nur bis zum Durchbrennen. Dieser Wert hängt zwischen 2000 und 2825 °K nicht von der Temperatur ab. Unter dieser Annahme leitet der Verfasser aus einer von Langmuir gegebenen Formel für die Beziehung zwischen Temperatur und Verdampfung einen Ausdruck für die wahrscheintliche Lebensdauer her, der eine Darstellung als logarithmische Gerade erlaubt. Die von ihm experimentell ermittelten Lebensdauern von Wolframwendeln mit Silikatzusätzen

n außerordentlich gut mit der vorhergesagten Abhängigkeit überein. Durch eine zusätzliche Messung der Verdampfungsgeschwindigkeit ergeben sich auch der tödliche Geruchsverlust (hier 15%) und der Temperaturkoeffizient der Verdampfungsgeschwindigkeit, der mit den von Zwickern gemachten Messungen befriedigend zusammenfällt. Durch Vergleich wird festgestellt, daß die schlechteren Vakuumbedingungen in Rezipienten, die ohne Ausfrieren an Oldiffusionspumpen betrieben werden, die Lebensdauer nicht verkürzen. Die in Elektronenmikroskopen beobachtete kurze Lebensdauer der Wolframkathoden wird auf Ionenbombardement zurückgeführt.

Eu

## Elektrowärme

DK 621.356.4 : 643.33

**Frage der Speicherherde.** [Nach Bull. Schweiz. elektro-techn. Ver. 41 (1950) S. 796; 15 S.]

Wie in allen Ländern macht auch in der Schweiz die Kochspitze den Elektrizitätswerken Sorge. Von mancher Seite wird der in Norwegen eingeführte Speicherherd als Lösung angesehen. Unter einem Speicherherd wird dabei ein Elektroherd verstanden, mit dem eine Wärme speichernde Einrichtung verbunden ist. Die wird außerhalb der Kochspitze auf eine Temperatur von 550...600 °C gebracht und gibt dann ihre Wärme in der Zeit der Kochspitze abgeben. Oft wird ein Gußzylinder von etwa 70 kg Gewicht verwendet. Er ist mit einem Isoliermantel und -boden aus Glasle umgeben und kann nur Wärme nach oben auf eine mittelbar aufgesetzte wärmeleitende Platte in Kochplattenhöhe abgeben. Der Gußzylinder wird mit etwa 600 W unregelmäßig aufgeheizt. Der Heizkörper wird in der halben Höhe des Zylinders radial eingeschoben. Zum Fortkochen der Anwärmen enthält der Herd 2...3 weitere gewöhnliche Kochplatten kleiner Leistung. Bei einer anderen Lösung, dem sogenannten Doppelspeicher, ist an dem Gußzylinder ein Scharnier eine regelbare Kochplatte befestigt, z. B. 3 Stufen, 1000/500/250 W hat. Sie ist auf der Unterseite gut wärmeisoliert. Zum Anheizen des Speichers wird um das Scharnier auf den Plattenabschluß des Gußzylinders geklappt und gibt ihre Wärme leitend an den Plattenabschluß und damit an den Gußzylinder ab. Nach dem Aufheizen wird die in ihre alte Lage zurückgeklappte Kochplatte zum Anwärmen oder Weiterkochen verwendet.

In Norwegen sind etwa 10% aller Herde Speicherherde. Der Prozentsatz verringert sich von Jahr zu Jahr vor allem in den Städten. Bedingt ist die Einführung wohl mehr durch die Eigenheiten der norwegischen Tarife, als durch Rücksichtnahme auf die Kochspitze. Von den Hausfrauen verlangt er, wenn der Wirkungsgrad nicht allzutief unter dem des üblichen Herdes liegen soll, ein Programmkochen. In kalten Gegenden ist die nicht vermeidbare Aufheizung der Küche durch den Speicherteil des Herdes angenehm. Die Heizzeit ist kurz, weil die Speicherplatte von Anbeginn an im Vorheizungs heiß ist.

Nach den Mitteilungen der Unterkommission B der Schweizerischen Elektrowärme-Kommission sprechen bei den Schweizer Konstruktionen der hohe Preis, das größere Gewicht bei größerem Umfang, die schwierige Bedienung, der niedrige Wirkungsgrad, die ungenügende Betriebssicherheit, die ungenügende Anpassungsfähigkeit an die Bedürfnisse der Schweizer Hausfrau und ungenügende Beweglichkeit bei Stoßbetrieb gegen den Speicherherd. Man sieht die Vorteile der norwegischen Ausführung vor allem darin, daß auf diesem Weg die Frage der Hochleistungsplatte gelöst werden kann.

HM

DK 621.365.92.029.6

**Verwandlung elektromagnetischer Energie höchster Frequenz in Wärme.** [Nach Carlo Calosi: Atti della Accad. delle Scienze e Lettere, Vol. VI, 1949, S. 201; 23 S.]

Die Bedeutung der Höchstfrequenzen liegt einstweilen auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik und des Funkwesens. Die Bedürfnisse des Krieges haben insbesondere in Amerika zu großen Erfolgen geführt, und man bemüht sich nun, für diese Höchstfrequenzen um 3 GHz (1 GHz = 10<sup>9</sup> Hz) auch noch industrielle Anwendungsmöglichkeiten zu finden, in ähnlicher Weise wie beispielsweise seinerzeit die Entwicklung von Leistungsrohren im Frequenzgebiet um 100 MHz einen ungeahnten Aufschwung durch die Einführung des dielektrischen Heizverfahrens in der Kunststoffindustrie und anderswo erfahren hatte. Es hat sich aber auch wieder gezeigt, daß es oft gar nicht so leicht ist, für die „Nebenprodukte“ der im Krieg betriebenen tech-

nischen Entwicklung eine industrielle Anwendung zu sichern. Da nun aber die Richtverbindungen auf Dezimeter- und Zentimeterwellen wegen ihrer ausgezeichneten Richtwirkung und ihres ohnehin auf die Sichtweite begrenzten Wirkungsbereiches mit Leistungen von wenigen Watt auskommen, fragt man sich zunächst, was man mit den Leistungen anfangen könnte, die moderne Magnetronen in Höhe von einigen Kilowatt Dauerstrich mit Wirkungsgraden um 50% bei Wellen um 10 cm Länge bieten. Zwischen diesem Frequenzgebiet und dem unteren Ultrakurzwellenbereich besteht allerdings zunächst noch eine Lücke in bezug auf Leistungsrohren, die aber in nicht zu ferner Zeit durch Rohren von der Art des Resonators ausgefüllt werden dürfte.

Der Verfasser sieht nun ein Anwendungsgebiet für Hochleistungs-Höchstfrequenzenergie auf dem Gebiet der „Selektivheizung“, bei der innerhalb eines aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzten Körpers nur ein bestimmter Bestandteil erwärmt wird, während die übrigen so gut wie unbeeinflusst bleiben. Er kann nämlich darauf hinweisen, daß z. B. Wasser bei 25 °C bei 2,5 GHz (also 12 cm Wellenlänge) rund den 2500fachen dielektrischen Verlust pro Volumeneinheit aufweist wie bei 25 MHz. Bei längerer Behandlung des Materials mit Höchstfrequenzenergie geht natürlich der Vorzug der Selektivheizung wieder verloren, weil sich dann die Wärme in der üblichen Weise über alle Bestandteile des Körpers ausbreitet. Es kommt also darauf an, starke Energien über Zeiträume wirken zu lassen, die zwar gegenüber den bei Funkmeßgeräten üblichen Zeiten lang sein können, aber immer noch kurz gegenüber der Ausbreitungszeit der Wärme in dem durch die Erhitzung betroffenen Material bleiben müssen. Als praktische Anwendungsmöglichkeit wird beispielsweise die Trocknung der Druckerschwärze auf einem eben bedruckten Blatt angeführt, wo das Blatt selbst kaum erwärmt werden soll.

Diese insoweit auch physikalisch ableitbaren allgemeinen Ergebnisse werden im anschließenden dritten Teil der Arbeit auch theoretisch aus der speziell angesetzten Wärmeleitungsgleichung abgeleitet, wobei auf die enge mathematische Verwandtschaft mit einem elektrischen Kabel mit Längswiderstand  $R$  und Querkapazität  $C$  verwiesen wird. Die Lösung wird mit Hilfe der Operatorenrechnung unter Einführung der Wärmesprungfunktion für den eindimensionalen vereinfachten Fall zweier unendlich ausgedehnter Platten gewonnen, von denen die eine dielektrisch beeinflusst wird, die andere nicht. Auch die hierbei eingeführten Begriffe des thermischen Scheinleitwertes und des Reflexionsfaktors an der Stoßfläche nehmen auf die oben angedeutete elektrische Analogie Bezug. Es wird gezeigt, daß nur 62% der insgesamt abgegebenen Energie dem „selektiv“ zu heizenden Körper zugutekommen, wenn das Höchstfrequenzfeld für die ganze Dauer der Ausbreitungszeit angelegt wird, während man bei einer Anlegedauer von 10% davon auf 90% Wirkungsgrad kommt.

Kau

## Verkehrstechnik

DK 621.332.33

**Elastische Einfachfahrleitung für Obus und Straßenbahnen.** [Nach M. Wittgenstein: Elektr. Bahnen 22 (1951) S. 59; 4 S., 11 B.]

Seit Jahren geht die Entwicklung der Straßenbahnen und Obusse dahin, die Reisegeschwindigkeit zu erhöhen. Die Fahrzeuge haben in dieser Beziehung ganz wesentliche Fortschritte gemacht, aber die Fahrleitung konnte mit dieser Entwicklung nicht Schritt halten. Meist wird der Fahrdrat an einfachen Querspanndrähten aufgehängt. Die Folge ist nicht nur ein großer Verschleiß, sondern auch ein starkes Feuern bei höheren Geschwindigkeiten vor allen Dingen an den Stützpunkten. Zwischen zwei Aufhängestellen hängt nämlich der Fahrdrat in einer Parabel, deren Durchhang von dem Abstand der Befestigungspunkte und der Zugspannung abhängt. Gleitet ein Stromabnehmer mit höherer Geschwindigkeit an einem derartigen Draht entlang, so wird er kurz vor einer Aufhängung dem steil ansteigenden Verlauf des Fahrdrattes wegen seiner Massenträgheit nicht folgen können. Er springt kurz vor dem oberen Umkehrpunkt ab und prallt unmittelbar hinter diesem auf den wieder abwärtsführenden Draht. Beim Ablösen des Gleitschuhs vom Fahrdrat entstehen die vor allen Dingen den Rundfunk störenden Funken. Die Aufprallstellen sind besonders starkem Verschleiß ausgesetzt. Die „Sprungbrett-Erscheinung“ kann durch Erhöhung des Anpreßdruckes des Stromabnehmers vermindert werden. Dafür wächst der Draht- und Schleifschuhverschleiß.

Bei dem in dem Bericht beschriebenen elastischen System der Firma Kummier & Matter, Zürich, ist der Fahrdraht an Schrägpéndeln aufgehängt. Er wird entlang einer Achse im Zickzack verlegt mit einem maximalen Fahrdrähtwinkel in der Geraden von  $2\frac{1}{2}^\circ$ . Hängt man den Fahrdraht an den Stützpunkten mit Pendeln auf, so hängen die Befestigungsdrähte von selbst schräg. Einem senkrecht von unten auf den Fahrdräht wirkenden Druck kann dieser nun nach oben ausweichen. Sobald sich der Schleifschuh wegen einer Unebenheit vom Fahrdräht zu lösen versucht, kommt ihm dieser dank der in der senkrechten elastischen Aufhängung entgegen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß seitliche Schwingungen des Fahrdrähtes sich auf größerer Länge auspendeln können. Die entgegengesetzt geneigten Aufhängungen führen zu einer schnellen Dämpfung der Schwingung. Bei der starren Aufhängung dagegen, werden die Schwingungen an den Stützpunkten reflektiert und führen im Laufe der Zeit zu Ermüdungsbrüchen.

Um zu erreichen, daß der Fahrdräht in jeder Pendellage senkrecht steht, wird ein einfaches Drahtparallelogramm verwendet (Bild 3). Der bewegliche Teil der Aufhängung besteht aus dünnen Drähten und der Fahrdrähtklemme. Der schwere Isolator ist am Querspanner befestigt.

Schließlich ergibt die Zick-Zack-Führung des Fahrdrähtes in Verbindung mit den Schrägpéndeln einen teilweisen Ausgleich der thermisch bedingten Zugspannungsänderungen des Drahtes.

WH

**Neue elektrische Triebfahrzeuge für die Deutsche Bundesbahn.** — Die Bundesbahn hat bei BBC die elektrische Ausrüstung für eine vierachsige Schnellzuglokomotive der Gattung E 10 bestellt, die bei einer Leistung von 3000 kW eine Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h entwickeln wird. Außerdem sollen 2 weitere Lokomotiven der gleichen Art und zwei schwere Güterzuglokomotiven der Gattung E 94 sowie sieben dreiteilige Oberleitungs-Triebwagen (mit je vier Motoren) in Dienst gestellt werden.

fi

### Fernmeldetechnik

DK 656.05

**Zentralgesteuerte Straßenverkehrs-Signalanlagen.** [Nach R. Müller: Albiswerk-Ber. 2. (1950) S. 13; 12 S. 16 B.]

Jede Verkehrsregelung hat zwei Aufgaben zu erfüllen: die Verkehrssicherheit zu erhöhen [1], und die Verkehrsabwicklung zu beschleunigen [2]. Während für Einzelkreuzungen die starre Regelung anfangs ausreichte, zeigte sich bei zunehmendem Verkehr bald, daß sie der Erfüllung der zweiten Aufgabe, die Verkehrsabwicklung zu beschleunigen, nicht mehr gerecht werden konnte. Das Bemühen, unnötige Wartezeiten zu vermeiden, führte zur Einführung der fahrzeuggesteuerten Regelung [3]. Die Anhäufung von Einzelkreuzungen mit dieser Regelung hatte jedoch nicht den gewünschten Erfolg, sondern stellenweise sogar trotz selbsttätiger Anpassung der Zeiten an die Verkehrserfordernisse eine Verringerung der Verkehrsgeschwindigkeit in ganzen Straßenzügen zur Folge. Die Ursache hierfür war die fehlende Abhängigkeit der einzelnen Kreuzungen voneinander. Erst die Vereinigung der bereits bekannten zentralen Regelung mit der fahrzeuggesteuerten Regelung ergab eine befriedigende Lösung der Aufgabe. Bei dieser Ausführung befinden sich die Zeitgeber und Auswahleinrichtungen für die verschiedenen Regelungsmöglichkeiten in einer gemeinsamen Zentrale, welche am zweckmäßigsten in dem Fernsprechnetz untergebracht wird, da zur Einsparung eines besonderen Leitungsnetzes Adern der Fernsprechkabel verwendet werden. In den Schaltgeräten an den Straßenkreuzungen befinden sich dann nur noch die eigentlichen Schaltrelais für die Signallampen. Entfernt liegende Kreuzungen werden über Unterzentralen, welche gleichfalls in Fernsprechnetzen untergebracht sind, angeschlossen. Um die Bedienung der Anlage durch die Verkehrspolizei zu ermöglichen, ist die Fernsteuerung der Auswahleinrichtungen im Fernsprechnetz vorgesehen.

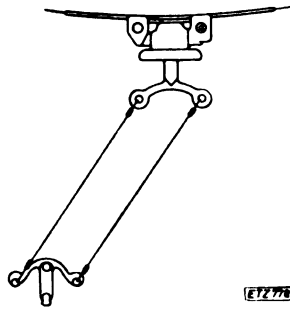


Bild 3. Parallelogramm-Befestigung des Fahrdrähtes.

In Basel sind nun Anfang des Jahres 1950 die ersten drei Kreuzungen einer derartig aufgebauten Verkehrsregelungsanlage in Betrieb genommen worden. Es sind dies die Kreuzungen Eisengasse—Schiffplände, Rheingasse—Greifengasse und Claraplatz. Sie gehören einem Straßenzug an, welcher von Großbasel über die mittlere Rheinbrücke nach Kleinasien führt, und sind durch Stoßverkehr der Straßenbahn rascher Zugfolge gekennzeichnet. Während an der ersten und dritten Kreuzung wegen des Abbiegeverkehrs dreiphasig geregelt wird, genügt an der zweiten Kreuzung eine zweiphasige Regelung. Die Verkehrsabwicklung wird durch Kraft- und Pferdefahrzeuge sowie durch die Radfahrer Bodenschwellenkontakte beeinflusst, während die Straßenbahn Fahrdrähtkontakte betätigt. Besondere Druckknöpfe für die Fußgänger sind nicht vorgesehen, da die hierfür infragekommenden Phase bereits durch die Straßenbahn geschaltet wird.

Der Schaltschrank an jeder Kreuzung enthält unter anderem Stromversorgung, darüber die Lampenrelais. Ferner sind Schaltmittel für eine Mehrfachausnutzung der Verbindungsleitungen für Steuerung der Relais von der Zentrale aus zur Übertragung der Bodenschwellenimpulse nach der Zentrale hin. Es sind insgesamt 9 Regelungsarten vorgesehen, davon 3 für unabhängige fahrzeuggesteuerte Regelungen.

Die erste Anlage nach diesem Prinzip wurde Mitte 1930er Jahre in Amsterdam [4] nach den Ideen Dr. M. Landis in Betrieb genommen und hat sich gut bewährt. Sie zählte 40 Kreuzungen. Ihre Erweiterung um etwa 20 weitere Kreuzungen hat sich durch den Krieg verzögert, ist jedoch wie auch weitere Kreuzungen in Basel, geplant. Auch die Berliner Ost-West-Achse [5] war eine solche Einrichtung in Angriff genommen, jedoch verhinderte der Krieg die Fertigstellung.

### Schrifttum

- [1] P. Rother: Selbsttätige Verkehrsregelung und Verkehrsregelungstechnik. 1937, S. 394.
- [2] H. Bocker u. P. Rother: Verkehrssignaltechnik. Techn. Fernmeldewerk, Abt. für Telegr. Geräte, Dez. 1937.
- [3] s. a. ETZ 57 (1936) S. 96; 58 (1937) S. 1402; 59 (1938) S. 837.
- [4] C. E. A. Maitland: Zentralgesteuerte, selbsttätige Straßenverkehrs-Signalanlage in Amsterdam. Verkehrstechn. 1935, S. 307.
- [5] P. Rother: Die Verkehrssignalanlage in Amsterdam. Z. Fernmeldetechn. 1938, S. 102 u. 121.
- [6] s. ETZ 60 (1939) S. 1057.

DK 531

**Das magnetische Gedächtnis.** [Nach H. J. Williams u. W. Shockley: Phys. Rev. 78 (1950) S. 34.]

Durch die verbesserte Technik der Sichtbarmachung ferromagnetischer Elementarbereiche über deren Streifenbildung die mit aufgeschwemmten kolloidalen ferromagnetischen Teilchen sichtbar gemacht werden (Bittersche Streifenmethode), ist die ferromagnetische Grundlagenforschung in den letzten Monaten erheblich gefördert worden. Nachdem diese kleinsten Einheiten des Ferromagnetismus, die Elementarbereiche, jetzt unmittelbar auch bei ihren Bewegungen unter dem Einfluß der Kräfte des äußeren Magnetfeldes sichtbar gemacht werden kann, ist manches Neue zutage gefördert worden. Dazu gehört eine Beobachtung von H. J. Williams und W. Shockley aus den Laboratorien der Bell Telephone Company, die die Kraft zur Verschiebung der Wände zwischen den Elementarbereichen (Magnetisierungsprozesse in kleineren Magnetfeldern gehen ja überwiegend auf diese Art vor) allein von der derzeitigen Stellung der Wand, sondern auch von der früheren Wandbewegung abhängen. Die Wände bewegen sich also gleichsam an die früher ausgeführten Bewegungen. Eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung wird durch die Ausbildung sekundärer nadelförmiger Elementarbereiche, wie sie sich nach Neel an Kristalleinschlüssen erklären, erklärt. Für eine neue Bewegung der Wand zwischen Elementarbereichen muß außer den sonstigen Hindernissen noch die Kraftwirkung dieser Sekundärbereiche überwinden werden.

DK 611.05

**Fernsehübertragungsversuche der Deutschen Bundespost.** Im früheren Reichspostzentramt in Tempelhof ist vor einiger Zeit ein Fernsender mit Ton- und Bildteil in Betrieb genommen worden, der seine Sendungen über Spezialantennen auf den beiden Türmen abstrahlt. Er stellt die Bildantenne in zweistufiger, leichter Ausfertigung dar. Der Sender hat zunächst eine Leistung von 0,5 kW, jedoch soll er in Kürze durch eine zusätzliche Endstufe auf 1 kW verstärkt werden. Hinsichtlich Sendefrequenz



und Bildnorm entspricht der Sender den neuesten Beschüssen und ist damit der erste Fernsehsender Deutschlands, mit dessen Hilfe die Industrie die Möglichkeit hat, ihre Empfänger zu prüfen und praktisch zu erproben. Zu diesem Zweck wird täglich zwischen 10 und 12 Uhr sowie

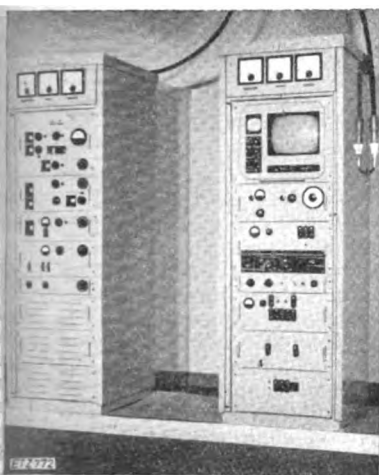


Bild 4. 20 W-Fernsehsender (Ton- und Bildteil) in Tempelhof.

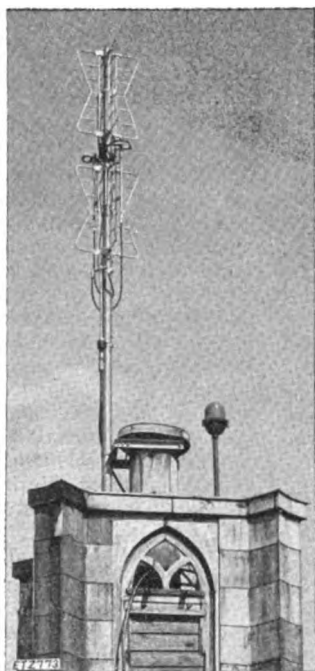


Bild 5. Fernseh-Bildantenne auf dem früheren RPZ Tempelhof.

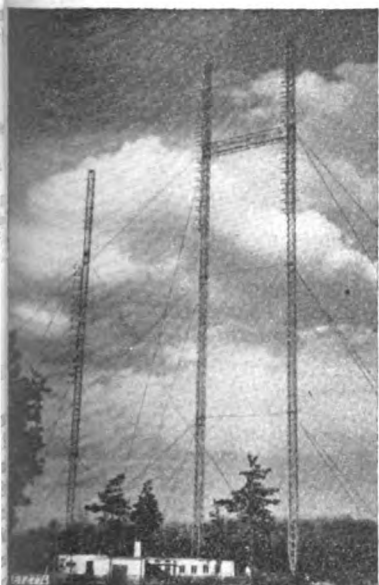


Bild 6. Antennentürme in Nikolassee.

zwischen 14 und 16 Uhr ein Programm gesendet. Weiterhin soll der Sender den ersten Teilabschnitt einer Fernsehverbindung zwischen Berlin und Westdeutschland speisen. Während man in Westdeutschland das Fernsehverbindungsnetz mit cm-Wellen-Relais-Verbindungen oder mit koaxialen Kabeln aufbauen kann, muß man den Sprung von Berlin nach Westdeutschland wegen der großen zu über-

brückenden Entfernung im Meterwellenbereich machen. Es ist beabsichtigt, die Sendungen vom RPZ in Nikolassee mit einem Relaisempfänger zu empfangen und sie dann mit einem 10 kW-Sender über eine UKW-Richtfunkverbindung nach Westdeutschland weiterzuleiten. Der Sender und diese Einrichtungen, insbesondere die aus stark bündelnden Einheitsfeldern mit Ganzwellen-Dipolen, werden von Siemens & Halske entwickelt und gefertigt. Um zu einer großen, überoptischen Reichweite zu kommen, müssen die Richtantennen auf möglichst hohen Masten angebracht werden. Die in Nikolassee für die UKW-Sprechverbindung errichteten Masten von 150 m Höhe (Bild 6) eignen sich auch für die Anbringung der Fernsehstrahler.

**Elektroakustik**

DK 681.85.002.54

**Über das Schärfen von Stichel für Schallplattenaufnahmen.** [Nach Electr. Engng. 70 (1951) S. 447; 6 S., 6 B.]

In den USA und neuerdings auch in Deutschland benutzt man für Schallaufnahmen immer mehr Aluminiumplatten, die mit einem Lack überzogen sind, an Stelle der früheren Wachsplatten. Sie haben vor allen Dingen den Vorteil, daß sie ausreichend hart sind, so daß man sie sofort nach der Aufnahme probeweise abspielen kann. Die zum Schreiben

verwendeten Schneidstichel bestehen meist aus Saphir, gelegentlich auch aus Hartmetall oder Stahl. Sie sind so hergestellt, daß hinter der scharfen Schneidekante eine Facette auf jeder Seite angeschliffen ist, welche die Aufgabe hat, die Flanken der geschnittenen Schallrillen zu glätten, um das

Eigengeräusch der Platte soweit wie möglich herabzusetzen. Der Zustand dieser glättenden Flächen ist von wesentlichem Einfluß auf die Güte der Aufnahme.

Sehr oft ist der Lacküberzug der Platte stellenweise zu dünn oder die Platte schlägt, so daß der Stichel durchschneidet; er kratzt über das Aluminium, wobei ein deutlich wahrnehmbares Zischgeräusch entsteht, das während der ganzen Aufnahme bestehen bleibt. Derartige Platten weisen ein besonders starkes Rauschen beim Abspielen auf.

Bisher war man der Meinung, daß der Stichel durch die Berührung mit dem Metallkern der Platte stumpf geworden sei und nachgeschliffen werden müsse, eine langwierige Arbeit, die große Sorgfalt erfordert.

Die Verfasser haben nachgewiesen, daß der Saphir viel zu hart ist, um vom Aluminium angegriffen zu werden. Das Mikroskop zeigt, daß nach einer Berührung mit Aluminium die Schneide zwar noch tadellos erhalten ist, daß aber winzige Aluminiumflitter an den Zolierfacetten des Stichels haften, so daß die gravierten Schallrillen rau werden.

Es wurde eine einfache Vorrichtung zum Reinigen der Stichel entwickelt (Bild 7). Der Schneidstichel A wird in einen Halter B eingespannt und mit Hilfe der Schraube C soweit gesenkt, daß die Spitze gerade den Spiegel der 4%igen Atznatronlösung D berührt. Eine 5 min lange Einwirkung genügt, um 95% aller als stumpf bezeichneten Stichel wieder gebrauchsfähig zu machen. Die restlichen 5% waren gebrochen oder durch sehr langen Gebrauch stumpf geworden und mußten nachgeschliffen werden.

WH

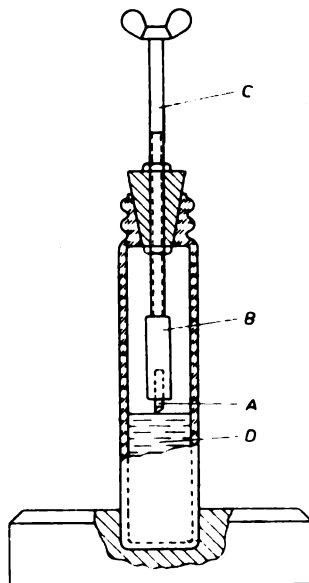


Bild 7. Schnittbild der Reinigungsvorrichtung für Schneidstichel. A Stichel, B Halter, C Schraube, D 4%ige Atznatronlösung

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 621.3.011.4 : 621.314.21.045

**Innere Kapazität einer Spulenwicklung mit vielen Windungen.** [Nach K. J e k e l i u s : Frequenz 5 (1951) S. 70; 7 1/2 S., 16 B.]

Die vorstehende Arbeit bringt eine Zusammenstellung einiger Näherungsformeln zur Berechnung des homogen verteilten Kapazitätsbelages zwischen zwei benachbarten Windungen. Unter der Voraussetzung, daß das Spulenfeld quasi-stationär ist, und unter Vernachlässigung des von dem Magniefeld des Verschiebungsstromes verursachten elektrischen Feldes lassen sich die Teilkapazitäten zwischen zwei unmittelbar nebeneinander oder übereinander liegenden Windungen nach elektrostatischen Lösungsmethoden mit der Annahme zylindrischer Felder ermitteln. Infolge der dichten Packung der Wickeldrähte in der Wicklung können die Teilkapazitäten zwischen allen nicht unmittelbar benachbarten Windungen vernachlässigt werden. Bei lagenweiser Wicklung kann Draht auf Draht oder Draht auf Lücke liegen. Bezeichnet man die Kapazität zwischen zwei benachbarten Windungen einer Lage mit  $C_1$ , die einer Windung gegen ihre nächsten Nachbarn in der nächsten Lage mit  $C_2$ , so ist im ersten Fall  $C_2 = C_1$ , im zweiten Fall  $C_2 = \alpha C_1$ , wobei  $\alpha$  zwischen 1 und 2 liegt. Der Verfasser berechnet zuerst die Teilkapazitäten bei geringen relativen Drahtabständen im homogenen wie geschichteten Dielektrikum. Bei Ermittlung der Teilkapazitäten bei großen relativen Drahtabständen wird jener

Extremfall behandelt, daß die gesamten Ersatzlinienquellen eines Drahtquerschnittes zu einer einzigen Linienequelle in der Drahtachse zusammenfaßbar sind. Damit wird die Berechnung der Teilkapazität auf die Ermittlung der Kapazität einer koachsialen Leitung mit rundem Innen- und quadratischem Außenleiter zurückgeführt. Im Zwischengebiet werden Interpolationskurven gebracht. In ähnlicher Weise wird die Berechnung der Teilkapazitäten für Wicklungen mit Zwischenlagen aufgezeigt. Den Schluß der Arbeit bildet als Anwendungsbeispiel des vorher Gebrachten die Berechnung der Wickelkapazität, wobei jedoch die oft beträchtliche Erdkapazität bewußt nicht berücksichtigt wird. Kss

DK 537.212 : 535.42

**Zur Theorie der Beugung elektromagnetischer Wellen.** [Nach H. Severin: Z. Phys. 129 (1951) S. 426; 14 S., 2.B.]

Es werden die Randwertformeln des elektromagnetischen Beugungsproblems hergeleitet, die die Berechnung des Feldes im Raum aus der Tangentialkomponente der elektrischen oder magnetischen Feldstärke auf der Hüllfläche gestatten.

Zunächst wird die aus der Lichtoptik geläufige skalare Kirchhoffsche Formel interpretiert und gezeigt, daß zur wirklichen Lösung des Randwertproblems, die Berechnung von  $u$  im Raum aus den Werten von  $u$  oder  $\partial u / \partial n$  auf dem Rand, eine sog. Greensche Funktion  $G^{(r)}(PQ)$  ( $P$  Aufpunkt,  $Q$  Integrationspunkt) mit bestimmten Bedingungen erforderlich ist. Ist die Begrenzung des Integrationsgebietes eine Ebene, dann kann  $G$  nach dem Spiegelungsprinzip gefunden werden und mit ihr die Lösungsgleichungen. Weiter werden die der skalaren Kirchhoffschen Formel entsprechenden vektoriellen Ausdrücke in neuer Form für den Spezialfall der Ebene hergeleitet und es wird damit eine exakte Integraldarstellung des elektromagnetischen Feldes aus den Werten  $G_{\text{tang}}$  oder  $G_{\text{strang}}$  einer ebenen Randfläche gewonnen. Die Verallgemeinerung auf beliebige Randflächen erfordert die Einführung eines Greenschen Tensors. Hinsichtlich der praktischen Anwendung der gewonnenen Randwertformeln des elektromagnetischen Problems zur genäherten Berechnung der Beugungswelle an ebenen Schirmen ergibt sich folgende Vorschrift: Bei nicht zu kleinen beugenden Öffnungen oder Scheiben — lineare Abmessungen von etwa einer Wellenlänge an — gehe man stets von der bekannten Feldgröße auf der beugenden Fläche aus, der Tangentialkomponente der elektrischen Feldstärke an der vollkommen leitenden Scheibe und der Tangentialkomponente der magnetischen Feldstärke in der Öffnung eines vollkommen leitenden Schirms. Kss

## Verschiedenes

DK 621.3 : 629.12

### Elektrotechnik im Schiffbau.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker, Bezirk Hamburg e. V., veranstaltete in Gemeinschaft mit der Schiffbautechnischen Gesellschaft e. V. in Hamburg am 7. Juni 1951 eine ganztägige Vortragsreihe „Elektrotechnik im Schiffbau“.

#### Elektrische Hilfsantriebe

Dipl.-Ing. Breitenstein gab einen Überblick über Bordnetzgeneratoren und Motoren, Aufteilung der Leistung auf Turbo-, Diesel- und Wellengeneratoren, Auslegung und konstruktive Durchbildung der Maschinen entsprechend den besonderen Erfordernissen des Schiffsbetriebes und wies auf den Einfluß der Klassifikationsvorschriften hin.

Über die verschiedenen an Bord verwendeten Anlaß-, Regel- und Steuergeräte berichtete Obering. Papke und erläuterte Einzelheiten über Aufbau und Arbeitsweise von Anlassern, Drehzahl-, Wende- und Leonardreglern und Kontrollern sowie Widerständen für Ladewinden, Ankerwinden usw. einschl. Rudersteueranlagen.

Dipl.-Ing. Heil behandelte eingehend Konstruktion und Betrieb von Anker- und Verholspille, Boots- und Ladewinden. Auch die moderne Bauart von Schiffs-Wippdrehkränen wurde im Hinblick auf ihre wendige Arbeitsweise erläutert und abschließend auf elektrische, elektrisch-hydraulische und hydraulische Ruderanlagen näher eingegangen.

#### Bordinstallation

Zu der gegenwärtig besonders wichtigen Frage der ein- oder zweipoligen Installation nahm auf Grund seiner jahrelangen Erfahrungen Dipl.-Ing. Bleicken Stellung. Wegen der Vorteile der einpoligen Verlegung ist man in Deutschland der Ansicht, daß diese Verlegungsart die sicherste ist. Bedauerlicherweise wurde in London 1948 in Abwesenheit von Deutschland die Benutzung des Schiffskörpers als Rückleitung für alle Fahrgastschiffe verboten. Immerhin zeigt sich, daß heute auch ausländische Reeder sich den deutschen Begründungen nicht mehr verschließen.

#### Elektrische Propellerantriebe

Die besonderen Vorteile des Drehstromantriebes von Schiffen mit einer Maschinenleistung über 2500 WPS stellt Obering. Kossack in seinem Vortrag heraus. Durch besondere Schaltung von Generatoren und Motoren sowie durch Frequenz- und Spannungsregelung läßt sich für jede Fahrtstufe ein wirtschaftlicher Betrieb erreichen.

Schiffe mit Gleichstromantrieb können nach Dipl.-Ing. Niemeyer ohne Schwierigkeit von der Brücke aus ohne Zwischenschaltung von Maschinentelegraph und Bedienungspersonal im Maschinenraum gefahren werden. Da die Umsteuerung von Gleichstrommaschinen besonders einfach ist, wird die Manövrierfähigkeit erheblich erhöht. Bei Spezialfahrzeugen, z. B. Fischdampfern, Baggern, Schwimmkränen, Feuerlöschbooten, Werkstattdschiffen u. a. hat sich in Deutschland der Gleichstromantrieb bereits bewährt.

#### Befehls- und Meldeanlagen

Auch im Schiffsbetrieb haben sich elektrische Befehls- und Meldeanlagen mehr und mehr durchgesetzt. Dir. Dipl.-Ing. Evers zeigte in seinem Referat hauptsächlich neuentwicklungen von Maschinentelegraphen, Ruderlageanzeigern, Umdrehungs-Fernzeigeanlagen und des großen Gebietes der Fernsprechanlagen im Schiffsbetrieb einschl. batterielosen Fernsprengerätes. Das Echolot wird außer zur laufenden Messung der Wassertiefe unter dem Kiel auch für einer neueren Konstruktion als „Fischlupe“ oder „Fischsuchgerät“ benutzt.

Obering. Dr. phil. Rust befaßte sich in seinem Vortrag außer mit den bekannten Nachrichtengeräten, wie Sendern und Empfängern für Telegraphie und Telephonie, besonders mit den Hilfsmitteln für die Navigation, wie Peilern, Hyperbel- und Radargeräten. Daneben wurde auch auf das große Gebiet der elektroautomatischen Anlagen an Bord und dafür den Betrieb erforderlichen Stromquellen eingegangen. R. Meister

DK 649.29.01

**Die Herstellung von reinem und bearbeitbarem Vanadium.** [Nach Iron Age 1950, S. 95.]

In der angezogenen Literaturstelle wird jetzt über eine beschränkte Produktion von reinem Vanadium und den damit erreichten Eigenschaften berichtet. Die Metallurgie in den U. S. A. sucht nach den Anstrengungen über die Herstellung von bearbeitbarem Titan und Zirkon offenbar nach technischen Einsatzmöglichkeiten anderer Metalle, die bisher im Rahmen der Technik nur als Legierungszusätze angewendet wurden.

Vanadium wurde im Lichtbogen unter Argonatmosphäre geschmolzen. Es wurde ein Reinheitsgrad von 99,8...99,9% mit Verunreinigungen von nur 0,05...0,12%  $O_2$ ; 0,001 bis 0,004%  $H_2$ , 0,02...0,04%  $N_2$  und 0,03...0,07% C erreicht. Das so erschmolzene Metall war bei allen Temperaturen oberhalb Raumtemperatur bis nahe an den Schmelzpunkt spanlos (Walzen, Schmieden usw.) verformbar. Ohne Zwischenglühungen waren Kaltverformungsgrade bis zu 85% möglich. Auch die spanabhebende Verformung (Bohren, Fräsen, Hobeln usw.) dieser reinsten Proben ist ausgezeichnet und besser als z. B. bei nichtrostenden Stählen, Nickel und Titan.

In den physikalischen und chemischen Eigenschaften ähnelt Vanadium dem Wolfram. Hervorzuheben ist die hohe Korrosionsbeständigkeit. Im geglühten Zustand wurde eine Zugfestigkeit von 57 kg/mm<sup>2</sup>, nach 85%iger Kaltverformung von 110 kg/mm<sup>2</sup> gemessen.

Es ist noch verfrüht, einen ausreichenden Überblick über die technischen Möglichkeiten dieses Metalls zu geben. Zumal die Herstellungsbedingungen zunächst wenig wirtschaftlich sind. Föt

## V E R S C H I E D E N E S

### V D E

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Außerkräftsetzung von VDE-Bestimmungen für Isolierstoffe

Die VDE-Vorschriftenstelle beabsichtigt, die nachstehenden VDE-Bestimmungen zum nächstmöglichen Termin außer Kraft setzen zu lassen:

VDE 0312/1929 „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff“

VDE 0313/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe“

VDE 0318 K/XI. 44 „K-Regeln für Hartpapier und Hartgewebe (Schichtpreßstoffe)\*1

VDE 0331/1932 „Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbesterzeugnissen“

VDE 0340 K/IX. 44 „K-Vorschriften für Isolierband“1.

Die Leitsätze VDE 0312 und 0313 dürften entbehrlich sein, da die Verwendung der von ihnen erfaßten Isolierstoffe in der Elektrotechnik unbedeutend geworden ist. Die Leitsätze VDE 0331 sind veraltet. Die Kriegsvorschriften VDE 0318 K1 und VDE 0340 K1 haben heute keine Bedeutung mehr.

Einsprüche gegen diese Außerkräftsetzungen können bis zum 15. 9. 51 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

##### VDE-Verbandszeichen für isolierte Leitungen

Die VDE-Prüfstelle Frankfurt a. M. — für West-Berlin die Elektrotechnische Prüfstelle Berlin — erteilen auf Grund durchgeführter Zeichenprüfungen zur Kennzeichnung von isolierten Leitungen, die den VDE-Vorschriften entsprechen, die Genehmigung zur Anbringung folgender Verbandszeichen:

1. Für isolierte Leitungen, die den VDE-Vorschriften genügen, wird — mit Ausnahme der unter 2. bis 4. aufgeführten Sonderfälle — die Genehmigung zur Benutzung des einfädigen, schwarz-rot bedruckten Verbands-Kennfadens erteilt, der nur zusammen mit einem dem Hersteller als Warenzeichen geschützten Firmen-Kennfaden eingelegt werden darf.
2. Für probeweise verwendbare Leitungen (PR), die den für solche Leitungen geltenden VDE-Bestimmungen entsprechen, tritt an Stelle des schwarz-roten Kennfadens ein solcher mit der Farbenfolge schwarz-rot-gelb.
3. Für eindrähtige Leitungen mit Isolierhülle aus thermoplastischem Kunststoff — z. B. NYA-Leitungen — bei denen aus Fertigungsgründen der Kennfaden nicht einlaufen kann, wird die Genehmigung erteilt, sie mit dem in Bild 1 abgebildeten Zeichen, abwechselnd mit einem in gleicher Art aufgeführten Firmenzeichen, zu versehen.



Bild 1.



Bild 2.

So gekennzeichnete Leitungen dürfen als Adern in Rohrdrähten (z. B. NYRA) oder sonstigen Mehrfachleitungen (z. B. NYIF) nur verwendet werden, wenn für diese die Genehmigung zum Einlegen des schwarz-roten VDE-Kennfadens erteilt ist.

4. Bei Leitungen, die aus Fertigungsgründen mit keinem der unter 1. bis 3. aufgeführten Kennzeichen versehen

\*1 Die Kriegs (K)-Vorschriften wurden später auch Behelfs (B)- und danach Übergangs (Ü)-Vorschriften genannt. Für die B- und Ü-Vorschriften gilt daher dasselbe, wie für die K-Vorschriften.

werden können — z. B. Fernmeldeleitungen der Type Y — wird die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens (Bild 2) auf einem angehängten Etikett, das auch die Herstellerfirma erkennen läßt, erteilt.

Anfragen hierzu sind an die VDE-Prüfstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6 — für West-Berlin an die Elektrotechnische Prüfstelle Berlin, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 33 — zu richten, die jederzeit auch Auskunft über die allgemeinen Bedingungen für die Erteilung eines Verbandszeichens geben.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Prüfstelle  
Dall

### P E R S Ö N L I C H E S

**H. Bücher †.** — Am 14. Juli starb der Wirkl. Legationsrat a. D., Dr. phil., Dr. oec. publ. h. c. Hermann Bücher in Frankfurt a. M. im 69. Lebensjahre. Mit ihm verliert die deutsche Wirtschaft, insbesondere die Elektroindustrie, einen Förderer und Führer, der sich durch seine schöpferischen Leistungen ein bleibendes Denkmal gesetzt hat.



H. Bücher widmete sich nach seinem Studium zunächst der tropischen Agrikultur in den deutschen Kolonien. Nach dem ersten Weltkrieg wandte er sich dem Wiederaufbau der deutschen Wirtschaft zu. Im Jahre 1925 übernahm er die Bearbeitung wirtschaftspolitischer Fragen im Rahmen der IG-Farbenindustrie; seit 1928 gehörte er dem AEG-Vorstand an, dessen Vorsitzender er nach kurzer Zeit wurde. Durch unermüdete und erfolgreiche Arbeit führte er die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft zu neuem Aufschwung. Auch nach dem 2. Weltkrieg konnte die AEG sich Ge-

heimrat Büchers Kenntnisse und Erfahrungen zu Nutzen machen. — Besonderes Verdienst erwarb er sich, indem er bei der Entflechtung der IG-Farbenindustrie den deutschen Interessen Geltung verschaffte. BV

**Hochschulnachrichten.** — Namens des Niedersächsischen Landesministeriums hat der Niedersächsische Kultusminister den Privatdozenten Dr.-Ing. habil. Ja e c k e l zu Diätendozenten für sein Fachgebiet „Mathematik“ an der Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Hannover ernannt.

Prof. Dr.-Ing. Karl K ü p f m ü l l e r wurde zum Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Stuttgart ernannt.

Dr.-Ing. Walter B ü s s i n g wurde zum Dozenten mit der Lehrbefugnis für das Fachgebiet „Elektrische Maschinen“ an der T. H. Stuttgart ernannt.

Von der Fakultät für Maschinenwesen der T. U. Berlin wurde die *venia legendi* an Dr.-Ing. Peter Konrad Herma n n verliehen, der über „Elektrische Meßtechnik“ liest.

Der Senat der Hansestadt Hamburg hat den Privatdozenten Dr. Rudolf K o l l a t h zum außerplanmäßigen Professor an der Universität Hamburg ernannt.

Die Technische Hochschule Darmstadt hat Herrn Dr.-Ing. Heinrich Meyer-Delius, Heidelberg, in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste auf dem Gebiet des Stromrichterbaues die Würde eines Ehrendoktors anlässlich seines 70. Geburtstages verliehen. of

Dipl.-Ing. Ludwig S c h n e i d e r wurde zum Honorarprofessor für Lichttechnik an der Technischen Hochschule Stuttgart ernannt. L. Schneider erhielt bereits 1932 einen Lehrauftrag über dies Gebiet an der T. H. Berlin. Er gehört als Oberingenieur zur Osram GmbH. ff

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3.061.2 (43) VDE (083.9)

**VDE-Vorschriften, Band 1: Allgemeines, Starkstromanlagen.** Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker. 24. Aufl. Mit 544 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15×21 cm. VDE-Verlag GmbH., Wuppertal und Berlin 1951. Preis Glw. 15,— DM.

Über 70 Kommissionen und Arbeitsausschüsse sind damit beschäftigt, in Zusammenarbeit mit Herstellern, Verbrauchern, Behörden, der Wissenschaft und anderen technischen Organisationen das bekannte VDE-Vorschriftenbuch, dessen letzte Ausgabe 1941 erschienen war, dem neuesten Stand der Technik anzupassen. Die Neufassungen einiger Vorschriften konnten bereits veröffentlicht und die Neuaufgabe des gesamten Vorschriftenbuches nunmehr in Angriff genommen werden. Der Umfang des Buches hat es als zweckmäßig erscheinen lassen, 4 Teilbände vorzusehen, die die 8 Hundertgruppen enthalten. In dem nunmehr vorliegenden 544 Seiten umfassenden ersten Teilband dieses einzigartigen Vorschriftenwerkes sind die Bestimmungen der Gruppe 1 und die VDE-Druckschriften allgemeiner Art enthalten. Die übrigen Bände sollen in zwangloser Reihe fortlaufend erscheinen. Es ist zu hoffen, daß auch die noch in Beratung befindlichen VDE-Bestimmungen recht bald soweit zum Abschluß gebracht werden können, daß das ganze VDE-Vorschriftenbuch der dringend darauf wartenden Fachwelt demnächst wieder zur Verfügung steht. W. Hoffmeister

DK 621.391 (023.3)

**Einführung in die Hochfrequenztechnik.** Von Dr. Walter Daudt. (Technische Fachbuchreihe für Studium und Praxis, Bd. 24.11). Mit 236 S., 136 B., 9 Taf., Format 15×21 cm. Pädagogischer Verlag Berthold Schulz, Berlin, Hannover, Frankfurt a. M. 1951. Preis Hlw. 14,— DM.

Das Buch, zu dessen Verständnis die elementaren Grundlagen der Mathematik, der komplexen Wechselstromlehre und der allgemeinen Elektrizitätslehre vorausgesetzt werden, gibt einen guten Überblick über einige Gebiete der Hochfrequenztechnik. Besonders ausführlich ist das Verhalten der Reihen- und Parallelschwingkreise dargestellt. Nach Ableitung der Schwingungsgleichungen bei freien Schwingungen und nach einer kurzen Besprechung der Ausstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen werden diejenigen Abschnitte der Leitungstheorie behandelt, die zum Verständnis der wichtigsten Eigenschaften der Sende- und Empfangsantennen unbedingt erforderlich sind. Die verschiedenen Formen der schwundmindernden Antennen und die Rahmenantenne werden kurz gestreift. Weitere Abschnitte befassen sich mit der Modulation und Demodulation hochfrequenter Schwingungen. Die hier gewählte Einteilung in Amplitudenmodulation, Phasenmodulation und Frequenzmodulation dürfte heute jedoch als überholt gelten, da die Phasenmodulation als ein indirektes Verfahren der Frequenzmodulation über den Phasenwinkel anzusehen ist. Nach einer kurzen Darstellung der Empfangsempfindlichkeit, der Trennschärfe und der Klanggüte eines Empfängers werden abschließend verschiedene Schaltungen zweikreisiger Bandfilter behandelt.

Leider wird weder die Physik der Röhre noch die Arbeitsweise der Verstärker und Sender besprochen, so daß im Abschnitt über die Erzeugung hochfrequenter Schwingungen lediglich der Summengenenerator und der Funkengenenerator behandelt werden können und im Kapitel Modulation und Demodulation auf eine Beschreibung der verschiedenen Modulationsverfahren verzichtet werden muß. Für den nicht-fachkundigen Leser ist es daher nicht ganz einfach, aus den geschickt dargestellten Ableitungen die für die Praxis notwendigen Schlußfolgerungen zu ziehen.

Das Buch kann jedoch auch in der vorliegenden Form sowohl den Studenten der Hoch- und Fachschulen als auch den in der Praxis tätigen Ingenieuren zum Auffrischen der Grundlagenkenntnisse sehr empfohlen werden, da die behandelten Probleme einfach und klar dargestellt sind und durch zahlreiche Beispiele erläutert werden. Druck und mathematischer Satz sind gut. H. Fricke

DK 621.317 (022.3)

**Misure Elettriche di Laboratorio.** (Bd. II von Misure Elettriche.) Von Prof. Ing. Angelo Barbagelata. Mit 370 S., zahlr. B., Format 17×24 cm. Libreria Editrice Politecnica Cesare Tamburini, Mailand 1951. Preis kart. Lit. 3000,—.

Das Werk gibt einen umfassenden Überblick über die Starkstrom-Meßtechnik, wobei es die Klarheit und methodische Strenge eines Lehrbuches mit der Reichhaltigkeit eines Nachschlagewerkes verbindet. Während im ersten Band die elektrischen Messungen im Betrieb behandelt werden, befaßt sich der hier vorliegende zweite Band mit den Meßverfahren, die ausschließlich Aufgabe des Laboratoriums sind. Der erste Teil des Buches beschreibt die Laborgeräte im allgemeinsten Sinne. Im zweiten Teil werden dann die Meßverfahren behandelt. Interessant und bei uns sicher wenig bekannt sind die sog. Projektionsmethoden, bei denen als Nullinstrument ein Elektrodynamometer mit Lichtzeiger dient.

Die im Text gebrachten Formeln sind durchweg mit allen Zwischenrechnungen abgeleitet, wie überhaupt die Erläuterungen der verschiedenen Verfahren sehr ausführlich gehalten sind. Die zahlreichen Schaltbilder und schematische Skizzen erleichtern darüber hinaus das Verständnis wesentlich. Bei weniger ausführlich behandelten Themen, z. B. bei den Elektronenröhren, wird auf die Literatur verwiesen.

Das Buch kann bei seiner leichten Verständlichkeit ohne weiteres dem Studierenden empfohlen werden. Doch geht sein Inhalt über den Rahmen eines Lehrbuches weit hinaus. Ein noch umfangreicheres Literaturverzeichnis hätte deshalb nichts geschadet. Die Einteilung des Stoffes an Hand eines Dezimalsystems, das für die Kennzeichnung eines Paragraphen 5 und für die eines Bildes sogar 6 Ziffern erfordert, wird nicht jedermanns Geschmack sein.

Alles in allem handelt es sich um ein gutes und interessantes Werk, das auch dem deutschen Leser viel Neues bringen kann. H. Goldstein

DK 621.35 (023.3)

**Elektrochemie und ihre physikalischen Grundlagen.** Von Dr. Adolf Dasselner (Bd. 253 u. 254 d. Sammlg. Götschen). Bd. I mit 148 S., 21 B., Bd. II mit 178 S., 17 B., Format DIN A 6. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Preis je Heft kart. 2,40 DM.

Der Verfasser gibt in den beiden vorliegenden Bänden der Sammlung Götschen eine Übersicht über die Grundlagen der Elektrochemie. Der Inhalt ist in 8 Kapitel aufgeteilt, nämlich Gegenstand und Frühgeschichte der Elektrotechnik, Elektrizitätslehre und elektrische Meßtechnik, Elektrolyse und Ionentheorie, die elektrolytische Leitung, Grundlagen der Thermodynamik, Theorie der Lösungen, galvanische Elemente und Polarisation, Ionengleichgewichte. Die Darstellung des sehr umfangreichen Wissensgebietes auf so engem Raume erforderte eine Beschränkung auf das Grundsätzliche. Die technische Elektrochemie, deren verschiedene Zweige allein schon umfangreiche Lehr- und Handbücher füllen, blieb unberücksichtigt. Auch bei der Besprechung der Grundlagen möchte man wünschen, daß das eine oder andere Teilgebiet doch etwas ausführlicher behandelt wäre. Erwähnt sei noch, daß die Erklärung der Abscheidung der Metalle aus dem cyanidischen Elektrolyten über die primäre Entladung von Kalium oder Natrium hinweg schon deshalb nicht richtig sein kann, weil das Kathodenpotential bei der Abscheidung das Entladungspotential der Alkalimetalle bei weitem nicht erreicht<sup>1</sup>.

Im übrigen ist die Darstellung klar und einfach und bringt eine gute Einführung in die Fragen der Elektrochemie. E. Raub

DK 371.048:55 (023)

**Einführung in das Studium der Physik.** Von Prof. Dr. Wolfgang Finkelburg. Mit 119 S., Format 13×20 cm. Carl Winter Universitätsverlag, Heidelberg 1950. Preis geb. 4,95 DM, geb. 6,95 DM.

Ein alter Nationalökonom hat einmal gesagt: „Im Leben des Mannes sind zwei Entscheidungen wichtig. Die erste ist die Berufswahl, die zweite die Auswahl der Ehefrau. Ist man sich bei der Heirat, kann man sich scheiden lassen. Einen akademischen Beruf zu wechseln, ist meist unmöglich. Deshalb sollte jeder sorgfältig prüfen, welcher Beruf für ihn und für welchen Beruf er geeignet ist.“

Auf diesem Wege will das vorliegende Büchlein dem Leser helfen. Der Physikerberuf umfaßt heute eine sehr heterogene Gemeinschaft. Vom reinen Forscher, der die Grundlagen seiner Wissenschaft weiter ins Unbekannte treibt, finden wir jede Stufe bis zum ausgesprochenen Meßphysiker. Daneben stehen außerdem die Lehrer an höheren und Fachschulen. Allen ist das Streben nach einer Erweiterung des physikalischen Weltbildes gemeinsam. Der Ver-

<sup>1</sup> Bd. I, S. 99.

azu kann über logische, formalmathematische Ableitungen der über neue experimentelle Meßmethoden führen. Seine Veranlagung ist dafür entscheidend, welchen Weg der Einzelne vorwiegend einschlägt. Sie darf aber nicht dazu verleiten, die andere Methodik für überflüssig oder uninteressant anzusehen. Ebensovienig kann der Physiker ohne Erkenntnis der Nachbarwissenschaften auskommen: Chemie, die technischen Wissenschaften, Medizin, Biologie müssen wenigstens in den Grundzügen geläufig sein. Eine Sonststellung im Physikstudium nimmt die Mathematik ein, die ist eines der hervorragendsten Werkzeuge der physikalischen Wissenschaft.

Ein Unterschied des Studiums an Universität oder Technischer Hochschule besteht für den Physiker nicht. Lediglich neben der Physik gebotenen Grenzgebiete sind andere, auch die abzulegenden Prüfungen sind die gleichen: Vorkurs, Hauptexamen und Doktorprüfung. An den meisten Hochschulen kann man auch das Staatsexamen für das höhere Lehramt machen, das für den Eintritt als Studienreferendar erforderlich wird. Das Studium dauert bis zum Diplomphysiker ein Semester, bis zum Doktor meist noch rund 2 Jahre länger. Die physikalische Erkenntnis schreitet von Jahr zu Jahr weiter. Daher muß auch der fertige Physiker laufend aufgefrischt sein, sein Wissen dem neuesten Stand der Forschung anzupassen. Dabei hilft ihm der Besuch der Fachtagungen und die Fachliteratur. Die deutsche Literatur ist auch heute noch in aller Welt geschätzt, reicht aber allein zu einem umfassenden Überblick nicht mehr aus. Ausreichende englische und französische Sprachkenntnisse sind daher die Voraussetzung für erfolgreiche Arbeiten.

Physiker können überall dort mit Erfolg arbeiten, wo sie dank ihrer umfassenden Ausbildung beweglicher sind als die meist in festen Gleisen fahrenden Fachingenieure. Die typischen Bilder aus dem Berufsleben des Physikers runden sich im vorliegenden Hochschulführer ab. Leider wird nichts über die Kosten des Studiums, die möglichen Stipendien und die Kosten des Lebensunterhaltes gesagt. Auch die Aussichten auf Anstellung und Verdienst müßten zu Wort kommen.

Neben der Auskunft, die von den Professoren der Hochschulen gegeben wird, sollte jeder, dessen berufliche Ziele am Beginn des Studiums noch nicht feststehen, einen Studienführer wie den besprochenen zu Rate ziehen. Der Physikerberuf vermag volle Befriedigung im Leben zu geben, erfordert aber hohe Begabung und verlangt viel Idealismus.

Joachim Euler

DK 621.516 (023.2)

**gewandte Normzahl.** Von Siegfried Berg. Mit 192 S., 10 B. u. Taf., Format DIN A 5. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin u. Krefeld 1949. Preis kart. DM 17,50.

Der Verfasser nennt diese „Sammlung von Aufsätzen“ erst „eine Art Normenlehre“ und versteht darunter „die Darstellung der Gesamtheit der Ordnungsprinzipien, die der bewußten menschlichen Tätigkeit zugrunde liegen“. Er tut das mit Recht, denn er demonstriert eindrucksvoll die Systematik und Methodik wirklicher Normungsarbeit in einer Reihe von Beispielen, in denen er die Anwendung der Normzahlen als Grundlage zur Entwicklung von Größenreihen von Maschinen, Maschinenelementen, Bauteilen und Bauten nach den Gesetzen der Ähnlichkeitsmechanik zeigt. Die Kenntnis der Normzahlen, ihrer Gesetzmäßigkeiten, ihrer Kombinationsmöglichkeiten und die Kunst des Rechnens mit Normzahlen setzt Dr. Berg — und ist berechtigt — voraus.

In seinen Beispielen für die Anwendung der Normzahl in Betrieben geht Dr. Berg vom Einfachen (Rohre und Schläuche, Profile, Federn, Schrauben, Meß- und Werkzeuge) zum Komplexeren (Zerreißmaschinen, Getriebe, Kessel, Schwinde, Pendelfedern, Hüllen und Hallen, Klötze) und betritt so z. T. völliges Neuland in bezug auf die Anwendung der Normzahlen, das wegen seiner wirtschaftlichen Bedeutung eine allgemeine Beachtung verdient. Er zeigt dabei die ersparenden Vorteile der Ähnlichkeitsmechanik, die es gestattet, mit Hilfe der Normzahlen von einer einzigen berechneten Ausgangsgröße aus eine ganze Größenreihe eines Gegenstandes (Gerät, Maschine usw.) zu entwickeln, ohne für alle übrigen Größen der Reihe die Berechnung und damit meist auch die Konstruktion immer wieder durchführen zu müssen.

Als kritischer Wissenschaftler weist der Verfasser an geeigneten Stellen in seiner Arbeit darauf hin und zeigt durch Beispiele dafür, daß nicht bei allen mechanischen Problemen — von elektrischen und thermodynamischen ganz

zu schweigen — die geometrisch ähnliche Vergrößerung oder Verkleinerung wieder auf physikalisch gleichwertige Systeme führt.

In den beiden den größten Raum seines Buches einnehmenden Beispielen der Typung von Motoren und Turbinen mit Hilfe der Ähnlichkeitsmechanik und der Normzahlen weist Dr. Berg rechnerisch die besonderen Erfolge dieser Art der Entwicklungstätigkeit nach. Er setzt dabei voraus, daß die Normzahlen sinnvoll und der Ähnlichkeitsgrundsatz mit Maß und Ziel angewendet werden, und daß man die frei verfügbaren Daten geschickt wählt, um glatte Werte für die Hauptmessungen zu gewinnen.

Wenn auch gerade beim Bau von Dampfturbinen (wenigstens von stationären für größere Kraftwerke) wegen der von Fall zu Fall sehr unterschiedlichen Bedingungen (Dampfdruck- u. Temperatur, Kondensation, Anzapf-, Gegendruckturbinen usw.) die Vorteile der Ähnlichkeitsmechanik nicht immer voll ausgenutzt werden können, so scheinen doch gerade die beiden letztgenannten Abschnitte des Buches von so grundlegender und zukunftsweisender Bedeutung, daß sich die Praxis ihrer annehmen und die Mittel bereitstellen sollte, durch den Bau von nach dem Ähnlichkeitsgrundsatz entwickelten Maschinen die, von der Rationalisierung aus gesehen, vielleicht bahnbrechende Bestätigung des rechnerischen Ergebnisses zu erbringen.

Besonders erwähnt sei noch der letzte Abschnitt des Buches „Das temperierte System für Tastatur, Notenschrift, Ton- und Intervallnormen“. Der Verfasser, dem die Musik ein vertrautes Gebiet ist, zeigt durch seinen Vorschlag, dem ersten Schritt der Normung des Handwerklichen in der Musik, nämlich der Schaffung der temperierten Stimmung, weitere folgen zu lassen, besonders eindringlich, daß die Normung auch Dienerin der Kunst ist dadurch, daß sie dem schaffenden und dem ausübenden Künstler die Möglichkeit gibt, sich stärker auf Komposition und Interpretation zu konzentrieren, indem sie ihm das Handwerkliche erleichtert.

H. Schmidt

DK 536 (023.2)

**Einführung in die Wärmelehre.** Von Walter Savelsberg. Mit 83 S., 20 B., Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 3,60 DM.

Die Aufgabe, Werkmeister und andere Benutzer von Kraftmaschinen in die Wärmelehre einzuführen, ist ebenso schwierig wie das Thema selbst. Dazu sind kurzgefaßte Einführungen eher bei einem Leserkreis richtig, der in der Materie schon bewandert ist und sich einen Überblick nochmals verschaffen will.

Der Verfasser bringt einleitend die Gasgesetze, sodann die Vorgänge der Verdampfung, Wärmeleitung und Wärmeerzeugung. Den Hauptteil des Buches bilden rein technische Fragen der Dampferzeugungs- und Feuerungsanlagen, sowie der Dampfmaschinen, Dampfturbinen und Brennkraftmaschinen. Auch auf neuere Wege der Energieerzeugung mit Hilfe von Raketen und Atomenergie wird eingegangen, doch sind die Angaben zu bruchstückhaft und werden ernsthafte Leser wenig befriedigen.

Bei der Verwendung des Buches zur Unterrichtung von Heizern, Maschinisten und Werkmeistern bedarf es doch notwendig sehr der Interpretation des Vortragenden.

F. W. Winter

DK 551.5 (022)

**Handwörterbuch der Meteorologie.** Hrsg. Dr. Karl Keil. Mit 604 S., zahlr. B., Format 14×21 cm. Verlag Fritz Knapp, Frankfurt a. M. 1950. Preis Glw. DM 28,—.

Wie jede Fachwissenschaft so hat auch die Meteorologie ihre eigene Terminologie entwickelt, in die das vorliegende Wörterbuch einen Wegweiser darstellt. Das Bedürfnis nach einem solchen Lexikon ist offenbar: Die Meteorologie als das Gesamtgebiet der wissenschaftlichen und praktischen Wetter- und Klimakunde und ihrer Anwendungen in Wirtschaft und Technik hat im letzten halben Jahrhundert und als Folge zweier Kriege eine so schnelle Entwicklung genommen, daß es auch einer umfassenden Erläuterung ihrer Fachsprache bedarf. Diese Notwendigkeit ist auch daraus ersichtlich, daß fast gleichzeitig ähnliche Wörterbücher in anderen Sprachen erschienen sind.

Das deutsche Werk ist das reichhaltigste. Es erläutert etwa 3500 Begriffe und erstreckt sich auf alle Teilgebiete des Faches: Geschichte und Organisation, Instrumente und Beobachtung, Meteorologie und Klimatologie, Bodenschicht und freie Atmosphäre, Sachliches und Regionales, praktischer Wetterdienst und Forschung sowie Biographie vieler Au-



toren. Dabei hat es der Verfasser verstanden, den neuesten Stand jeweils in prägnanter Form, aber doch umfassend wiederzugeben, so daß eine vollständige Unterrichtung über jeden Begriff möglich ist. Durch den Druck sind dabei diejenigen Ausdrücke hervorgehoben, über die man an anderer Stelle nachschlagen und damit die gewonnene Vorstellung ergänzen und abrunden kann. Besonders wertvoll sind die kurzen Literaturangaben, die bei der Mehrzahl der Artikel gegeben und so ausgewählt sind, daß man auf das jeweils wichtigste Schrifttum zu dem betreffenden Stichwort hingewiesen wird.

Auch die technischen Wissenschaften und die praktische Arbeit des Ingenieurs stehen in mannigfacher Berührung mit der Meteorologie, da die Umweltfaktoren „Wetter“ und „Klima“ bei vielen technischen Fragen — Werkstoffe, Betriebsmittel, Betriebsvorgänge —, bei Planungen und Rentabilitätsberechnungen eine Rolle spielen. Wie sich der Wetterdienst dieser Anwendungen der Wetter- und Klimakunde annimmt, so müssen sich auch technische Kreise schnell über meteorologische Begriffe und Erkenntnisse unterrichten können. Dafür stellt das vorliegende Wörterbuch ein ganz ausgezeichnetes Hilfsmittel dar, da man — ohne erst nach geeigneter Literatur suchen zu müssen — sich schnell an Hand einschlägiger Stichworte orientieren kann. Man möchte dem Buch daher auch in technischen Kreisen weite Verbreitung wünschen. Sicher wird es dazu beitragen, durch fallweise Erläuterung der meteorologischen Grundlagen bei den Technikern die notwendige Zusammenarbeit zwischen beiden Fachgebieten zu fördern. E. Reichel

DK 621.26 : 621.315.616 (023.3)

**Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung.** Von H. Lindner. (Werkstattbücher, H. 82). 2., verb. Aufl. Mit 60 S., 40 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 3,60 DM.

Die vorliegende Schrift gibt über das eigentliche Thema hinaus einen Überblick über die Verarbeitung von Kunstharz-Preßstoffen und ihre Herstellung und schließt mit praktischen Winken für die Erzielung einwandfreier Preßteile ab. Dadurch ist dieses Buch auf eine verhältnismäßig breite Basis gestellt und dient dem Ingenieur, der sich über die Herstellung von Kunstharz-Preßteilen einen Überblick verschaffen will, gleichsam als Leitfaden. Dies ist gewiß ein Vorteil, wenn auch bei der Beschränkung des Raumes auf nur 60 Seiten die eigentliche Behandlung der Preßanlagen und die verschiedenen Pressenkonstruktionen etwas zu kurz wegkommen. Für den Fall einer Neuauflage wäre daher zu empfehlen, daß zumindest in Form einer Tabelle die verschiedenen Presse-Bauarten mit den wichtigsten Hinweisen angegeben werden, so daß der Leser in der Lage ist, alle vorkommenden Pressekonstruktionen zu übersehen und erforderlichenfalls eine Auswahl zu treffen. Desgleichen wären Schrifttumshinweise gerade bei diesem Gebiet sehr nützlich, damit der interessierte Leser, der in die hier teilweise nur am Rand behandelten Probleme näher eindringen will, sich die erforderlichen Grundlagen verschaffen kann.

G. Oehler

DK 621.5 : VDE (083.8)

**VDE-Mitgliederverzeichnis 1951.** Mit 92 S., Format DIN A 5. VDE-Verlag GmbH., Wuppertal und Berlin 1951. Preis kart. 5,— DM, für VDE-Mitglieder 1,50 DM.

Zur diesjährigen VDE-Jahresversammlung überraschte der VDE-Verlag mit der Herausgabe eines sorgfältig zusammengestellten Mitgliederverzeichnisses. Alle Ehrenmitglieder und die Mitglieder des Vorstandes, Technischen Ausschusses, Prüfstellenausschusses und Zeitschriftenausschusses sind besonders erwähnt. Die Anschriften des Verbandes und der Elektrotechnischen Vereinigungen, eine Zusammenstellung aller VDE-Kommissionen, -Arbeitsausschüsse und -Arbeitskreise nebst Vorsitzenden, sowie eine Abhandlung über Entwicklung und Aufbau des VDE vervollständigen dieses überaus nützliche Nachschlagewerk. Zur Ergänzung könnten die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins Berlin vielleicht in einer Beilage mit erfaßt werden.

A. König

DK (038 = 2 = 3)

**Langenscheidts Taschenwörterbuch: Englisch** unter Berücksichtigung der amerikanischen Umgangssprache. Vollst. Neubearb. 1951. Teil I: Englisch-Deutsch. Von Prof. E. Klatt. Mit 560 S. Teil II: Deutsch-Englisch. Von Dr. W. Moslé.

1. s. a. ETZ 71 (1950) S. 164 und Elektrizitätswirtsch. 49 (1950) S. 204.

Mit 548 S., Format 10×15 cm. Langenscheidt KG., Verlagsbuchhandlung, Berlin 1951. Preis je Teil Glw. 6,45 DM.

Das bekannte Taschenwörterbuch von Langenscheidt in diesem Jahr eine neue Auflage erfahren. Durch die Neubearbeitung ist das Werk auf den neuesten Stand der Sprache gebracht, wobei besonders zahlreiche Amerikanismen und aktuelle Bezeichnungen eingefügt wurden.

Der erste Teil enthält auf 560 Seiten die englischen Übersetzungen, grammatikalische Angaben, wichtige Eigennamen, Abkürzungen und britische und amerikanische Maße, Gewichte und Münzen. Den deutsch-englischen Teil finden wir im zweiten Band mit 548 Seiten. Beide Bände enthalten über 65 000 Stichwörter, daneben zahlreiche Anwendungsbeispiele und Redensarten.

Das handliche Werk ist vorzüglich ausgestattet und einer Antiquaschrift gesetzt, die platzsparend ist und es trotzdem ohne Anstrengung der Augen lesen läßt. — Selbstproben ergeben, daß die Bücher alle Worte der praktischen Umgangssprache und viele Fachausdrücke enthalten. Jeder technische Übersetzer wird in zahlreichen Fällen im „Langenscheidt“ finden. B. Vollerath

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Elektrische Meßgeräte.** Genauigkeit und Einflußgrößen. Von Dr. R. Langbein und Dr.-Ing. G. Werkmeister. 2., neubearb. Aufl. Bd. 2 d. Technisch-Physikalischen Monographien. Mit 233 S., 190 Abb. Mit 15×22 cm. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG, Leipzig 1951. Preis Glw. 18,— DM.

**Quantenphysik und Atombau.** Von Prof. Ernst Zimmermann. Mit 103 B., Format 15×21 cm. Hirschgraben-Verlag, Frankfurt a. M. 1951. Preis Hlw. 5,20 DM.

**Das elektrische Stromtal Tennessee.** Von D. E. Lilienthal. 296 S., zahlr. B., Format 13×21 cm. Paul List Verlag, München. 1951. Preis i. B. 1950. Preis Glw. 8,50 DM.

**Die Werkzeugmaschinen der eisen- und metallverarbeitenden Industrie.** Von Werner Grobstück. Mit 210 S., 204 B., Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 6,80 DM, geb. 8,— DM.

**Praktische Getriebelehre.** Von Dr.-Ing. Kurt Raue. Bd. 1: Drehgelenkkette. 2., erw. Aufl. Mit 216 S., 573 B., Format 17×25,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 37,50 DM.

**Grenzschichttheorie.** Von Prof. Dr. Hermann Schlichting. 481 S., 295 B., Format 17×24 cm. G. Braun, Karlsruhe 1951. Preis kart. 45,— DM, kart. 42,80 DM.

**Raumexplosionen durch statische Elektrizität.** Von Dr.-Ing. Heide Freytag. Mit 115 S., 24 Taf., Format DIN A 5. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr. 1951. Preis kart. 5,80 DM.

**Lehrbuch der Physik. 2. Bd.: Elektromagnetisches Feld.** Von G. S. Seeliger. Hrsg. Prof. Dr. W. Schallreuter u. Mitw. v. Prof. Dr. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis Hlw. 17,— DM.

**Chalmers Tekniska Högskolas Handlingar.** Nr. 101: The Theory of Magneto Ionic Triple Splitting. Von O. E. H. Rydbeck. Mit 25 B., Preis kart. 4,50 skr. Nr. 102: On the Theory of Electron Wave Scattering. Von O. E. H. Rydbeck u. S. K. H. Forsgren. Mit 29 S., Preis kart. 3,50 skr. Nr. 103: Polar Blackouts Recorded at the Kungälv Observatory. Von R. Lindquist. Mit 24 S., 14 B., Preis kart. 3,— skr. Nr. 104: Some Calculations of Ray Paths in the Ionosphere. Von S. K. H. Forsgren. Mit 22 S., 17 B., Preis kart. 3,— skr. Nr. 105: Experimental Observation of Double-Stream Amplification. Von B. N. Agdur. 12 S., 5 B., Preis kart. 1,50 skr. Nr. 106: Noise Measurement on a Free Wave Tube. Von B. N. Agdur and C.-G. L. Asdal. Mit 8 S., Preis kart. 1,50 skr. Nr. 107: Vertical Recording of Rain by Radar. Von S. K. H. Forsgren and O. F. Perers. Mit 17 S., 11 B., Preis kart. 2,50 skr. Nr. 108: Microwave Propagation in the Optical Range. Von O. F. Perers, B. O. K. E. Stjernberg and S. K. H. Forsgren. Mit 19 S., 16 B., Preis 3,— skr. Nr. 109: A 16 kW Panoramic Ionospheric Recorder. Von R. Lindquist. Mit 40 S., 26 B., Format 18×25 cm. Preis kart. 4,50 skr. Gumperts Förlag, Göteborg 1951.

**Fifth Annual Report of the South African Bureau of Standards.** In Heft 12 der ETZ ds. Jahres auf S. 398 angegebene Preis des Buches muß geändert werden in 5 sh.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr. K. Humpburg, T. H. Hannover, Wellengarten 1 Waldemar Köpp, Wiesbaden-Biebrich, Friedrichstr. 24 Prof. Dr.-Ing. Karl Kupfmüller, Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG, Stuttgart-Zuffenhausen, Hellmuth-Hirth-Str. 41

Dieser Auflage liegt ein Prospekt der Fa. Brown, Boveri & Cie. Mannheim, über „Druckluft-Schnellschalter“ bei.

Abschluß des Heftes: 31. Juli 1951

Schriftleitung: I. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brillier Str. 99, Postfach 1144, Fernruf: 333. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln Nr. 22. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 1144, Fernruf 333. Preis: DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 1. September 1951

Heft 17

## Fritz Emde †

Am 30. 6. 51 ist der emeritierte ordentliche Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Stuttgart, Herr Ing. E. h., Dr. sc. techn. h. c. Fritz Emde im Alter von 77 Jahren gestorben. Er hat als ein wahrhaft begnadeter Forscher Naturwissenschaft und Elektrotechnik durch unvergleichliche Leistungen bereichert und einer Generation von Ingenieuren das Wissensgut für ihre Berufsarbeit geschenkt.

Fritz Emde wurde am 13. 7. 1873 in Ueschütz in Obersachsen geboren. Er hat zwar die höhere Schule besucht, doch blieb ihm der Weg zu den Stätten wissenschaftlicher

Bildung versagt, so daß er in hartem Selbststudium seine Kenntnisse nach Erkenntnis stillen konnte. Die Lehr- und Erlebnisjahre in der Industrie beginnen 1895 im Maschinenlaboratorium der AEG, Berlin, von wo er im Jahre 1897 zum Versuchsfeld der Firma Siemens & Halske, Charlottenburg, überwechselt. Diese Stelle nutzt er zur Vertiefung seiner wissenschaftlichen Einsicht, schon bald in eigener schöpferischer Leistung ausgewertet wurde. Deshalb wird er zunächst an die Bergakademie in Clausthal ein Jahr später, im Jahre 1902, an die Technische Hochschule Stuttgart berufen. Dort hat er, ungeachtet eines weiteren an ihn erlangenen Rufes, fast 30 Jahre lang seine Schüler in der theoretischen Elektrotechnik und bis zur Errichtung gesonderter Lehrstühle auch in den Grundlagen der Starkstromtechnik unterrichtet. Im Jahre 1939 wurde er vom Amt entbunden, das er aber lange Zeit während des Krieges an der Stelle des zur Wehrmacht einberufenen Nachfolgers nochmals aufgenommen hat. Seine wissenschaftliche Tätigkeit hat er in erstaunlicher Schaffenskraft noch viele Jahre fortgesetzt.

Schon durch seine ersten um die Jahrhundertwende veröffentlichten Schriften reiht sich Emde in die damals kleineren jener Ingenieure ein, welche die wissenschaftlichen Grundlagen ihres Arbeitsgebietes in vollem Maße beherrscht haben und zu nutzen wußten. Er widmet sich zunächst der Starkstromtechnik und untersucht Wirkungsweise, Ortskurven und Kennlinien elektrischer Maschinen, ihre Feldausbildung, Stromverdrängung und den Parallelbetrieb. Er berechnet Drehmomente und Eisendrosseln und sein weithin bekanntes gewordenes, auch heute noch benutztes Sinus- und Cosinusrelief läßt auf einen Blick die Verteilung von Spannung und Strom auf der Leitung erkennen.

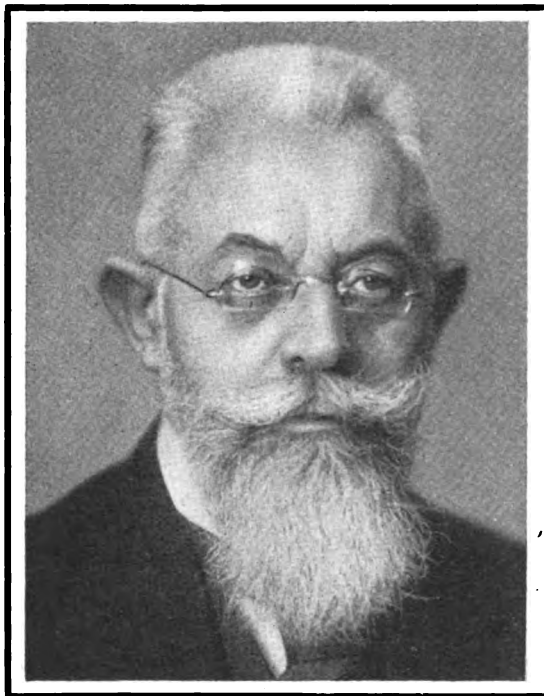
Neben diesen, unmittelbarer Anwendung fähigen Untersuchungen hat Emde durch seine Beiträge zur theoretischen Elektrizitätslehre, namentlich zur Faraday-Maxwelltheorie, als Lehrmeister der Elektrotechnik erwiesen und so

manche den praktischen Fortschritt hemmende Unsicherheit endgültig beseitigt. Wir erwähnen nur als Beispiel seine mit zwingender Schärfe begründeten Ausführungen zum Induktionsgesetz und darunter namentlich die äußerlich anspruchslose, aber tiefreichende Untersuchung über das elektrische Feld des Transformators in- und außerhalb des Blechpakets. Er hat damit dem Ingenieur an Hand geläufiger Anordnungen eine lebendige Vorstellung von den als allzu abstrakt empfundenen Begriffen des ein- und mehrwertigen Potentials und der eindeutigen Fortsetzung des dynamischen

Feldes in die wirbelfreie Zone vermittelt. Emde hat sich immer wieder gerne solchen Betrachtungen zugewandt, die er 1949 in einem Buch über „quirlende“ Felder zusammenfaßt<sup>1</sup>, das nebenbei als Anhang auch einen wertvollen Beitrag zur natürlichen, d. h. koordinatenfreien Deutung von Divergenz und Rotor eines Vektorfeldes bringt.

Dem Wunsche, Klarheit in den Begriffen zu schaffen und die irrumsfreie Verständigung unter den Fachgenossen zu fördern, entsprangen seine Untersuchungen und Vorschläge zu den Maßsystemen, zur Schreibweise physikalischer Gleichungen sowie seine tatkräftige und unermüdete Mitarbeit im AEF. Manche seiner treffenden Bezeichnungen, wie Durchflutung, magnetischer Schwund u. a., sind längst Gemeingut der Techniker geworden, ohne daß man sich des Urheberers noch bewußt wird. Aber, wenn all diese, hier nur angedeuteten Leistungen nicht vorlägen, so wäre allein sein Beitrag zur nützlichen

Anwendung der Mathematik in Technik und Physik als das Werk eines erfüllten Lebens anzusehen. Seine zweisprachig gefaßten „Funktionentafeln“ mit ihren wertvollen mathematischen Erläuterungen und der so anschaulichen Reliefdarstellung sind in die ganze Welt gewandert, weil sie ein unentbehrliches Hilfsmittel aller wissenschaftlich arbeitenden Ingenieure und Physiker und jener Mathematiker sind, die sich mit den Anwendungen ihres Faches befassen. Diese Tafeln beruhen auf einer 1909 veröffentlichten, dem Umfang nach bescheidenen Gemeinschaftsarbeit, die er allein fortgeführt und wesentlich erweitert hat, ohne daß er des einstigen Mitarbeiters vergessen hätte. Die Tafeln elementarer Funktion hat er im Jahre 1940 von sich aus hinzugefügt. Die Vorarbeit zum Tafelwerk liefert ihm die Anregung zu mannigfaltigen Untersuchungen, so z. B. über die zweckmäßige Benutzung und die Genauigkeitsgrenze der Rechenmaschine, vor allem aber über das von ihm be-



<sup>1</sup> Bespr. in ETZ 72 (1951) H. 4, S. 130.

vorzugte Gebiet der Zylinderfunktionen. Er beschäftigt sich in einer Reihe von Aufsätzen mit der Berechnung ihrer Funktionswerte auch bei komplexem Index und mit dem Zusammenhang zwischen Integrationsweg und zugehöriger Funktion.

Besser als durch diese knappen Andeutungen mag das Lebenswerk des großen und ungewöhnlich vielseitigen Gelehrten durch das eindrucksvolle Verzeichnis seiner Veröffentlichungen<sup>2</sup> gekennzeichnet werden, das wir nicht nur deshalb unverkürzt wiedergeben, weil wir den Verstorbenen ehren und zur Geschichte der Elektrotechnik einen Beitrag liefern wollen, sondern weil auch heute noch und in Zukunft Emdes Schriften uns von hohem Nutzen sind.

Wer Fritz Emde bei seinen Arbeiten beobachten konnte, der kennt die Voraussetzungen für den Erfolg seiner Mühe und damit auch den Kern seines Wesens. Es waren die unbändige Lust zum Schauen und zum Denken, die Gepflogenheit, keine Erscheinung als selbstverständlich anzusehen, die Unzufriedenheit mit der eigenen Leistung und die Strenge gegen sich selbst, das Gottesgeschenk ungewöhnlicher Verstandesschärfe und nicht zuletzt ein unendlicher Fleiß, der ihm nie erlaubte zu rasten oder gar auf schon vollbrachte Leistungen selbstgefällig sich zu berufen.

Emde war seinen Schülern kein bequemer Lehrer. Er forderte unerbittlich von ihnen, zu letzter Klarheit sich durchzuringen. Er hat aber auch jedem, der ehrlich mit eigener Unzulänglichkeit gerungen hat, unverdrossen Mühe und Zeit geopfert. Vielleicht erkennen wir die hohe Auffassung des Verblichenen vom Beruf des Lehrers und der Pflicht des Lernenden aus seiner Mahnung an die Studenten, daß jede Minute der Ausbildung vergeudet sei, die nicht von harter geistiger Anstrengung erfüllt ist.

Seine Kollegen erinnern sich dankbar seiner Mitarbeit bei den großen und kleinen Aufgaben der Hochschule. Er hat mit Humor und dem Herzenstakt des feinsinnigen Musikers die kleinen Unstimmigkeiten ausgeglichen, wußte aber auch unbeugsam und furchtlos jene Auffassung zu vertreten, die ihm sein Sinn für Gerechtigkeit und für die unerläßliche Ordnung der Dinge eingeflößt hat. Seiner Tatkraft im Wesentlichen dankt die Elektrotechnik die Vergrößerung des Instituts und die Errichtung neuer Lehrstühle im Rahmen einer eigenen Abteilung. Die während seiner Amtszeit neu berufenen jüngeren Kollegen hat er in rührender Hilfsbereitschaft umsorgt und ich darf als sein Nachfolger die Empfehlung tiefer Dankbarkeit bekennen, weil er mir stets mit gutem und gerne begehrtem Rat zur Seite gestanden ist.

Die äußere Anerkennung seiner Leistungen wurde Herr Emde durch zahlreiche Ehrungen zuteil, etwa durch die beiden Ehrenpromotionen der Hochschulen Breslau und Zürich durch die Verleihung der Goethemedaille und durch die Ehrenbürgerschaft der T.H. Karlsruhe. Der VDE hat bei seiner Hauptversammlung in Hannover am 11. Juni 1950 Herrn Emde zum Ehrenmitglied ernannt und damit zum 21. Male seit 58 Jahren diese seltene Auszeichnung vergeben. Sie wurde ihm

„wegen seiner ungewöhnlich fruchtbaren Arbeiten über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik sowie seiner besonderen Verdienste um die Förderung der angewandten Mathematik“ verliehen<sup>3</sup>.

Die Männer der Wissenschaft und Technik werden immer in hoher Achtung des Verblichenen gedenken, der ein Edelmann des Herzens war und den Lorbeerkrantz der Wissenschaft empfangen hat.

W. Bader

### Veröffentlichungen von Fritz Emde (ohne Besprechungen und Zuschriften)

- [1] Pour fixer les pas partiels d'un enroulement d'induit (gemeinsam mit S. O l s e n). L'Eclairage Electrique; Dez. 1899.
- [2\*] Die Arbeitsweise der Wechselstrommaschinen. Springer, Berlin 1902.
- [3] Selbstinduktion. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 21 (1903) S. 89.
- [4] Das Giorgische Maßsystem. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 21 (1903) S. 341.
- [5] Der Charakter der Betriebskurven eines Gleichstrommotors mit Nebenschlußerregung. Arch. Math. u. Phys. III (1903). Reihe V, 1. u. 2. Heft.
- [6] Zur Theorie des asynchronen Einphasenmotors. ETZ 24 (1903) S. 697.
- [7] Über elektrotechnische Maßsysteme. ETZ 25 (1904) S. 432.
- [8] Das elektromagnetische Feld in Maschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 73 (1905) S. 395, 409.
- [9] Spannung, Spannungsdifferenz, Potential, Potentialdifferenz, elektromotorische Kraft. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 23 (1905) S. 731.
- [10] Dimensions des unités électriques et magnétiques. L'Eclairage Electrique. No 48, Dez. 1905.
- [11] Beispiele für flächennormale Felder. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 24 (1906) S. 318.
- [12] Zur Berechnung der Elektromagnete. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 24 (1906) S. 945, 973, 993.
- [13] Die Erwärmung eines drahtförmigen Schmelzeinsatzes. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 25 (1907) S. 455, 478.
- [14] Der Einfluß der Dämpfung auf die Schwingungsvorgänge in parallel geschalteten Wechselstrommaschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 25 (1907) S. 721.
- [15] Einseitige Stromverdrängung in Ankernuten. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 26 (1908) S. 703, 726.
- [16] Über die Beziehungen der mechanischen Arbeit von Elektromagneten zu ihrer magnetischen Energie bei veränderlicher Permeabilität. ETZ 29 (1908) S. 817.
- [17] Das Induktionsgesetz. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 26 (1908) S. 997, 1023, 1074, 1119.
- [18] Die komplexe Rechnung bei Schwingungen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 27 (1908) S. 79, 111.
- [19] Die Verteilung der Beharrungstemperatur in einer kreisringförmigen Platte. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 27 (1909) S. 175.
- [20\*] Funktionentafeln mit Formeln und Kurven. 1. Aufl. (gemeinsam mit E. J a h n k e). Teubner, Leipzig 1909. 2. neubearbeitete Aufl. besorgt von Emde) 1933. 3. neubearbeitete Aufl. 1938. 4. Aufl. 1948.
- [21] Zum Induktionsgesetz. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 27 (1909) S. 783.
- [22] Der Energiestrom in Dynamomaschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 27 (1909) S. 915.
- [23] Die Stärke der Dämpfung bei parallel geschalteten Drehstrommaschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 27 (1909) S. 1073.
- [24] Vorschläge für die Definition der elektrischen Eigenschaften gestreckter Leiter (gemeinsam mit H. D i e s s e l h o r s t). ETZ (1909) S. 1155, 1184.
- [25] Die mechanischen Kräfte auf leitende Körper im elektrischen Feld. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 28 (1910) S. 33.
- [26] Mechanische Kräfte magn. Ursprungs. Elektr. Kraftbetriebe u. Bahnen 1910, H. 36.
- [27] Die Schwingungszahl des Blitzes. ETZ 31 (1910) S. 675.
- [28] Theoretisches zur Prüfung von Oszillographen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 28 (1910) S. 1067.
- [29] Resonanz ohne Dämpfung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 28 (1910) S. 1109.
- [30] Wahl einer Goldfüllfeder. Papier-Z. Nr. 27.
- [31] Ein Flächenmodell zur Erläuterung des Begriffes Kraftlinienwindungszahl. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 30 (1912) S. 176.
- [32] Die Berechnung eisenfreier Drosselspulen für Starkstrom. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 30 (1912) S. 221, 246, 267.
- [33] Elektrische Maßsysteme. Handwörterbuch d. Naturwissenschaften 1912, Verl. Gustav Fischer, Jena.
- [34] Potential und Spannung. Arch. Elektrotechn. 1 (1913) S. 495.
- [35] Die Lagrangesche Funktion des ferromagnetischen Feldes. Arch. Elektrotechn. 1 (1913) S. 505.
- [36] Berechnung der reellen Nullstellen der Besselschen Zylinderfunktionen. Arch. Math. u. Phys. 24 (1915) S. 239.
- [37] Zur Vektorrechnung. Arch. Math. u. Phys. III (1915) Reihe 23 S. 1.
- [38] Schwingungen u. Vektoren. Arch. Math. u. Phys. III (1916) Reihe 1, H.
- [39] Drei Modelle zur Erläuterung der Faraday-Maxwellischen Felder. Spannung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 34 (1916) S. 137, 155.
- [40\*] Auszüge aus Clerk Maxwells Elektrizität und Magnetismus. Verlag Braunschweig 1915.
- [41] Über Elektrizitätslehre und Schulbücher. Z. math. u. naturw. Unterr. 48 (1918) S. 358.
- [42\*] Beschreibung d. elektromagn. Feldes. T. H. Stuttgart (1919) (vielfältigt).
- [43] Die Geschichte des Spannungsbegriffs. ETZ 42 (1921) S. 169.
- [44\*] Vektoralgebra. T. H. Stuttgart. (1921) (vielfältigt).
- [45] Zur Definition der Scheinleistung und der Blindleistung bei ungleich belasteten Mehrphasensystemen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 37 (1921) S. 545; Brf. 40 (1922) S. 144.
- [46] Die Phasengeschwindigkeit von Wechselströmen. Wiss. Verh. Siemens Konz. 2 (1922) S. 104.
- [47] Über einseitige Stromverdrängung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 38 (1922) S. 391.
- [48] Das elektrische Feld des Transformators. Phys. Z. 23 (1922) S. 1.
- [49] Wie wird in einem Transformator eine elektromotorische Kraft induziert. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 40 (1922) S. 409.
- [50] Spaltfeld und Durchflutung der Wicklungsköpfe bei Mehrphasenmotoren. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 40 (1922) S. 557.
- [51] Polare und axiale Vektoren in der Physik. Dazu: Außenwirkung. Bemerkungen v. L. P r a n d t l. Z. Phys. 12 (1922) S. 256; K. 10 S. 299.
- [52] Leistungsparameter, Größenparameter und mittlerer Drehmoment elektrischer Maschinen (sogenannte Leistungskonstante von Drehstrommaschinen). ETZ 43 (1922) S. 1430.
- [53] Überwindende und überwundene Spannungen? Negative Wellenzahlen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 41 (1923) S. 165.
- [54] Die Einheiten elektrischer und magnetischer Größen. ETZ 44 (1923) S. 175.
- [55] Die Überbrückung d. Zwischenraumes beim Induktionsvorgang. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 17 (1924) S. 58.
- [56\*] Magnetismus. Deutsch. Kalender für Elektrotechn. (1925) S. 3.

<sup>2</sup> Hierfür danke ich Herrn Ing. Rudolf E m d e.

<sup>3</sup> s. a. ETZ 72 (1951) H. 16, S. 483.

7\*) Elektrizität. Deutsch. Kalender für Elektrotechn. (1926) S. 63.  
 8) Induktion in einem mit zwei Wicklungen versehenen Ringe. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 41 (1923) S. 686.  
 9\*) Sinusrelief und Tangensrelief. Sammlung Vieweg, Braunschweig 1924.  
 10) Kilowatt, Kilovoltampère, Blindkilowatt, Blindkilovoltampère, Kilosin, Kilocos. ETZ 45 (1924) S. 1053; Brf. 45 (1924) S. 1360; Brf. 46 (1925) S. 206.  
 11) Sinusrelief und Tangensrelief in der Elektrotechnik (gemeinsam mit R. Wengler). ETZ 48 (1927) S. 766, 804.  
 12) Noch einmal Größengleichungen und magnetischen Größen. ETZ 48 (1927) S. 1879.  
 13) Entwurf 19: Magnetischer Schwund; Erläuterungen (gemeinsam mit W. Jäger). Elektrotechn. u. Masch.-Bau 46 (1928) S. 1054.  
 14) Kurzschluß? Die wahren Ursachen der Unfälle durch Elektrizität. Stuttg. Neues Tagebl. Nr. 116, 10. 5. 1929.  
 15) Ein Differentialgetriebe zur Messung von Drehmomenten. Festschr. d. T. H. Stuttgart (1929) S. 79.  
 16) Die Berechnung von Eisendrosseln mit großer Zeitkonstante. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 46 (1930) S. 521.  
 17) „Entomhung“. ETZ 51 (1930) S. 533.  
 18) A. M. Legendres, Tafeln der Elliptischen Normalintegrale. Konrad Wittwer, Stuttgart 1931.  
 19) R. Hawelka, Vierstellige Tafeln der Kreis- und Hyperbelfunktionen, sowie ihrer Umkehrfunktionen im Komplexen. Elektrotechn. Verein, Berlin 1931.  
 20) Physikalische Maßsysteme. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 2. Aufl., 7. Bd., S. 1016. Gustav Fischer, Jena 1932.  
 21) Induzierte und nicht induzierte elektrische Felder. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1933) S. 236.  
 22) Die Debyeschen halbkonvergenten Reihen für die Zylinderfunktionen im Komplexen (zusammen mit R. Rühle). Jahresber. d. Dtsch. Mathematikerverein. 43 (1934) S. 251.  
 23) Zerlegung des magnetischen Bewegungsschwundes. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934).  
 24) Wozu fiktive Spannungen im elektromagnetischen Feld? Z. phys. u. chem. Unterr. 47 (1934) S. 49.  
 25) Unterteilung des Tafelschritts. („Untertafelung“ — „Briggs-Moutinsche Aufgabe“. Z. angew. Math. u. Mech. 14 (1934) S. 333.  
 26) Erweiterungsbauten am Elektrotechn. Institut der Techn. Hochschule. Mitt. techn. Wiss. Ver. Württembergs 1934, 7. H., S. 33.  
 27) Die Unsicherheit der Spannung des Westonelements (von Feder).

Anhang: Silbercoulombmeter oder Westonelement (von Emde). Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 434.  
 [78] Elektrische Einheiten und schöne Gleichungen. Z. phys. u. chem. Unterr. 48 (1935) S. 145.  
 [79] Fortlaufende Rechnungen auf der Rechenmaschine. Z. Instrumentenkde. 56 (1936) S. 181.  
 [80] Rechenmaschine und Genauigkeit. Z. Instrumentenkde. 56 (1936) S. 265.  
 [81] Zur Zahlenrechnung bei vollständigen elliptischen Integralen. Arch. Elektrotechn. 30 (1936) H. 4.  
 [82] Scheinleistung eines nicht sinusförmigen schiefen Drehstroms. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) H. 46, S. 1.  
 [83] Zur Berechnung der Zylinderfunktionen mit reellem Index. Z. angew. Math. u. Mech. 17 (1937) S. 324.  
 [84] Kurvenlineale. Z. Instrumentenkde. 58 (1938) S. 409.  
 [85] Spaltung eines elektromagn. Feldes in zwei gegenläufige Wellen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 394.  
 [86] Paßintegrale für Zylinderfunktionen mit komplexem Index. Sitzungsbericht Berliner Math. Gesellsch. Okt. 1938.  
 [87] Paßintegrale für Zylinderfunktionen von komplexem Index. Z. angew. Math. und Mech. 19 (1939) S. 101.  
 [88] Die Größengleichungen und das Gaußsche Maßsystem. Z. phys. u. chem. Unterr. 53 (1940) S. 65.  
 [89\*] Tafeln elementarer Funktionen. 1. Aufl. 1940, 2. Aufl. 1948.  
 [90] Das Feld von Dauermagneten. Z. phys. u. chem. Unterr. 56 (1943) S. 33.  
 [91] Divergenz u. Rotor in geometrischer Darstellung. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 62 (1944) S. 486.  
 [92] Divergenz u. Rotor in nicht flächennormalen Vektorfeldern. Z. angew. Math. und Mech. 25/27 (1947) H. 5/6.  
 [93] Der Einfluß der Feldlinien auf Divergenz u. Rotor. Arch. Elektrotechn. 39 (1948) S. 2.  
 [94] Hans Görges f. Z. Elektrotechnik 1 (1948) S. 133.  
 [95] Zur Paßmethode. Arch. elektr. Übertr. 2 (1948) S. 211.  
 [96] Zur Paßmethode bei Pässen mit 3 Tälern. Arch. elektr. Übertr. 2 (1948) S. 214.  
 [97] Pfeil-Diagramme für Zylinderfunktionen. Z. angew. Math. u. Mech. 28 (1948) H. 14/12.  
 [98\*] Quirlende elektrische Felder. Sammlung Vieweg, Braunschweig 1949.

\* Veröffentlichung in Buchform.

## Berechnung der Abmessungen des Kurzschlußringes bei Einphasenmagneten

Von W. F. Kussy, Dresden

DK 621.318.33

**Übersicht.** Um das Vibrieren von Wechselstromschützen zu vermeiden, werden ein oder mehrere Kurzschlußringe am Anker befestigt. Feldverlauf bei verschiedenen Magnetformen für Einphasen-Wechseln mit verschiedenen Kurzschlußringen wird berechnet. Daran anschließend werden die Bedingungen festgelegt, die erfüllt werden müssen, da die Zugkraft wenig oder nicht schwankt. Eine Kurve für die richtige Essung des Kurzschlußringes in Abhängigkeit vom eingefassten Eisenchnitt wird abgeleitet, die Berechnungsunterlagen werden entwickelt. n anschließend werden zwei Beispiele für die günstigste Bemessung Kurzschlußringes berechnet und mit Versuchsergebnissen verglichen. Schluß wird der Kraftverlauf für ein Ferrarislaufwerk bestimmt, das durch zwei Wicklungen, sondern durch eine Wicklung und einen schlußring angetrieben wird.

Da nach der Maxwell'schen Zugkraftformel<sup>1</sup>

$$P = \frac{B_{\max}^2 q}{25 \cdot 10^6} \quad (1)$$

Kraft in kg  
 der effektive Querschnitt des Magneten in cm<sup>2</sup>  
 die wirksame Induktion unter Berücksichtigung der Streuung  
 Zugkraft proportional dem Quadrat der Induktion und e wieder mit dem Strom wächst, schwankt bei Einphasenwechselstrommagneten die Zugkraft nach einer Kurve  $\sin^2 \omega t$ . Ein Magnet würde sich also mit der doppelten Frequenz des Wechselstromes bewegen, wodurch in dem enblick, in dem die Kraftentwicklung 0 ist, der Magnet llen würde. Ist nach dem Abfall die erforderliche Hubt klein, so daß er dann sofort wieder anzieht, würde er indet im Takte der zweifachen Frequenz des Wechselstmes vibrieren, was einerseits sehr starken Lärm verur- en und andererseits schnell den aus einzelnen Blechen zu- engesetzten Magnetkern zerschlagen würde. Um nun ruhiges Halten des Magneten zu gewährleisten, versucht ein zweites Feld zu erzeugen, das dem ersten durch den enstrom erzeugten Feld um 90° el. nacheilt, um auf e Weise die Vibration zu vermeiden oder zumindest auf geringes Maß herabzudrücken. Dies geschieht in der se, daß man in den Magnetschenkel einen Kurzschluß- nietet oder auf andere Weise befestigt. In diesem Kurz- schlußring wird ein Strom erzeugt und durch diesen wird das

Feld verändert. Untersucht man nun die Wirkung eines solchen Kurzschlußringes, so ergeben sich nach Bild 1 folgende Feldlinien.

Bezeichnet man mit  $d_1$  und  $d_2$  die Luftspalte in den beiden Schenkeln und mit  $Le_1$  die Weglänge der Feldlinien im Eisen, die durch den Spulenstrom  $I_1$  erzeugt werden, mit  $Le'_2$  und  $Le''_2$  die Weglängen der beiden Felder im Eisen, die durch den Kurzschlußring erzeugt werden, so ergeben sich folgende magnetische Widerstände, die der magnetischen Spannung  $M = 0,4 \pi n I_1$  entgegengesetzt werden. Der magnetischen Spannung durch die Hauptspule mit  $n_1$  Windungen wird der Widerstand  $R_1$  entgegengesetzt, dessen Größe im dreischenkligen Magneten für einen Pfad

$$R_1 = \frac{2(d_1 + d_2 + Le_1/\mu)}{q_1 + q_2} \quad (2)$$

beträgt, im zweisehenkligen Magneten

$$R_1 = \frac{2 d_1 + Le_1/\mu}{q_1 + q_2} \quad (3)$$

Die beiden Flußpfade, die vom Kurzschlußring erzeugt werden, der in den praktischen Ausführungen stets nur eine

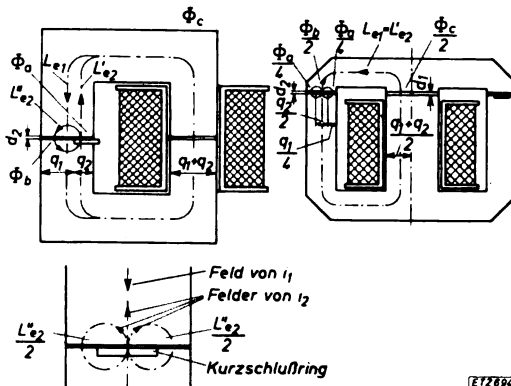


Bild 1. Feldverlauf in einem Magneten mit Kurzschlußring.

Windung hat, haben im dreischenkligen Magneten die Widerstände

$$R'_1 = \frac{2d_2}{q_2} + \frac{2d_1}{q_1 + q_2} + \frac{4Le'_1/\mu}{2q_2 + q_1} \quad (4)$$

$$R''_1 = \frac{2d_2}{q_2} + \frac{2d_2}{q_1} + \frac{4Le''_1/\mu}{q_1 + q_2} \quad (5)$$

Im zweischenkligen Magneten haben die magnetischen Widerstände folgende Werte:

$$R'_2 = \frac{d_2}{q_2} + \frac{d_2}{q_1 + q_2} + \frac{2Le'_2/\mu}{q_1 + 2q_2} \quad (6)$$

$$R''_2 = \frac{d_2}{q_2} + \frac{d_2}{q_1} + \frac{2Le''_2/\mu}{q_1 + q_2} \quad (7)$$

Als Eisenquerschnitt wird der mittlere Querschnitt zwischen  $\frac{q_1 + q_2}{2}$  und  $\frac{q_2}{2}$  oder  $q_1$  und  $q_2$  gewählt. Dies ist  $\frac{q_1 + 2q_2}{4}$

oder für zweischenklige Magnete  $\frac{q_1 + q_2}{2}$ .

Der gesamte magnetische Widerstand ergibt sich dann wie folgt:

$$R_2 = \frac{R'_1 R''_1}{R'_1 + R''_1} \quad (8)$$

Hierbei ist zu beachten, daß im angezogenen Zustande beim zweischenkligen Magneten man mit einem kleinen Luftspalt infolge der Ungleichmäßigkeit der Abnutzung der einzelnen Bleche sowie auch sonstigen Werkstattungenauigkeiten rechnen muß, dessen Größe man etwa annehmen kann mit  $d_2 = 0,005$  cm. Beim dreischenkligen Magneten wird im allgemeinen im Mittelschenkel ein ganz kleiner Luftspalt von vornherein vorgesehen, da bei den verhältnismäßig großen Magnetflächen eine solche Werkstattungenauigkeit nicht erzielt werden kann, daß alle Flächen aufliegen. Außerdem würde nach ganz kurzer Benützung dies ohnehin infolge der Ungleichmäßigkeit der Abnutzung zu Differenzen führen, wodurch es kaum möglich wäre, ein ruhiges Halten des Magneten zu erzielen, weil der einmal ausgerechnete Kurzschlußring dann nicht mehr unter den gleichen Bedingungen arbeiten würde wie bei der Berechnung vorgesehen. Dieser Luftspalt wird im allgemeinen etwa 0,02 cm gewählt. Er ist in der Rechnung mit  $d_1$  bezeichnet. Der Luftspalt in den beiden anderen Flächen kann mit etwa  $d_2 = 0,005$  cm angenommen werden. Der Wert  $Le_1$  kann ohne weiteres aus Bild 1 abgemessen werden. Der Wert  $Le_2$  ist dann, wenn sich der Kurzschlußring in der Mitte eines Schenkels befindet, ebenso groß wie  $Le_1$ . Befindet er sich am Rande eines Schenkels, so ist dieser Wert, wie sich z. B. aus Bild 1 ergibt, entweder etwas kleiner oder etwas größer, je nachdem, ob sich der Kurzschlußring am äußeren oder inneren Rande befindet. Er kann ebenfalls aus der Zeichnung abgelesen werden. An den Kanten der Magneten kann die Verkürzung des Pfades durch die Zusammenziehung der Kraftlinien an den Ecken nur annähernd festgelegt werden, was aber, wie sich anhand der gerechneten Beispiele zeigen wird, von ganz untergeordneter Bedeutung ist, da ja der Wert ohnedies durch die Permeabilität  $\mu$  geteilt wird. Vom Strom  $i_1$  wird der Fluß  $\Phi_1$  erzeugt und vom Strom  $i_2$  der Fluß  $\Phi_2$ . Man bezeichnet jetzt mit  $A$  und  $B$  folgende Werte:

Dreischenklige Magnete  
 $A = 2b \cdot 0,4\pi n_2 \cdot 1/R_2$

$i_1 = I_{1\max} \sin \omega t$   $B = 0,4\pi b n_1 \cdot 1/R_1$

Zweischenklige Magnete  
 $A = b \cdot 0,4\pi n_2 \cdot 1/R_2$   
 $B = 0,4\pi b n_1 \cdot 1/R_1$

$n_2 = 1$   
 $b = 0,75$  bis  $0,8$  (9)  
 $i_1 =$  Strom im Kurzschlußring  
 $i_2 =$  Strom in der Magnetspule.

Für den Fluß  $\Phi_1$  ergibt sich jetzt im dreischenkligen Magneten

$$\Phi_{1\max} = 2B I_{1\max} \quad (10)$$

und im zweischenkligen Magneten

$$\Phi_{1\max} = B I_{1\max} \quad (11)$$

Man erkennt, wenn man die beiden verschiedenen Werte für  $R_1$  einsetzt, daß die Gleichungen für den Fluß bei gleichem Eisenquerschnitt und  $d_1 = d_2$  ungefähr gleich werden.

Für den Fluß  $\Phi_2$  ergibt sich  $\Phi_2 = A i_2$ . Untersucht man die Kräfte, die von den Flüssen  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$  und  $\Phi_c$  erzeugt werden, wobei  $\Phi_c$  in dem Schenkel entsteht, in dem sich kein Kurzschlußring befindet und  $\Phi_a$  und  $\Phi_b$ , in dem sich der Kurzschlußring befindet, wobei  $\Phi_a$  außerhalb und  $\Phi_b$  innerhalb des Kurzschlußringes liegt, so ergibt sich folgende Gleichung aus der Maxwellschen Formel in jedem Augenblick für die Kraft:

$$P = \text{konst.} (\Phi_a^2 + \Phi_b^2 + \Phi_c^2) \quad (12)$$

Die Flüsse  $\Phi_a$ ,  $\Phi_b$  und  $\Phi_c$  werden

$$\Phi_a = \Phi_1 \frac{q_1}{q_1 + q_2} + \Phi_2 \frac{q_1}{2q_1 + q_2} \quad \Phi_b = \Phi_1 \frac{q_2}{q_1 + q_2} - \Phi_2$$

$$\Phi_c = \Phi_1 \quad \Phi_2 \frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2}$$

Zur Berechnung des Flusses  $\Phi_2$  kann man die folgende Gleichung anwenden, nachdem es sich bei ihm um einen geschlossenen Transformator handelt, worin  $r$  der Widerstand des Kurzschlußringes ist. Hierbei ist die Wirkung der Selbstinduktion im Kurzschlußkreis vernachlässigt, was zulässig ist, da es sich ja bei dem Kurzschlußring nur um eine Einzelwindung handelt und die Untersuchung für geöffnete Magnete uninteressant ist, da durch den Kurzschlußring erreicht werden soll, daß der Magnet im Haltezustand nicht vibrieren hat. Wie aus den später berechneten Beispielen sich ergibt, ist der ohmsche Widerstand des Kurzschlußringes in der Größenordnung von rd.  $10^{-3} \Omega$ . Der induktive Widerstand liegt bei etwa  $b \cdot 0,4\pi n_2^2 \cdot 2\pi f R_2 \cdot 10^{-8}$ . Dies liegt in der Größenordnung  $10^{-8} \dots 10^{-7} \Omega$ . Für die Differentialgleichung ergibt sich folgendes Bild:

$$\frac{d\Phi_b}{dt} = i_2 r 10^{+8} \quad \Phi_b = 2B I_{1\max} \sin \omega t \frac{q_2}{q_1 + q_2} - A i_2 \cos \omega t$$

und für  $i_2$  erhält man folgende Bestimmungsgleichung:

$$\frac{di_2}{dt} + \frac{r}{A} i_2 10^8 - \frac{2B}{A} I_{1\max} \frac{q_2}{q_1 + q_2} \omega \cos \omega t = 0$$

Bei der Auflösung der Gleichung kann das abklingende Glied vernachlässigt werden. Daraus ergibt sich jetzt für den Fluß  $\Phi_2$ :

$$\Phi_2 = A i_2 = B I_{1\max} (E \cos \omega t + F \sin \omega t) \quad (13)$$

Hierin sind

$$E = \frac{2\omega}{\omega^2 + \left(\frac{r}{A}\right)^2 10^{16}} \quad \text{und} \quad F = \frac{2\omega^2 \frac{q_2}{q_1 + q_2}}{\omega^2 + \left(\frac{r}{A}\right)^2 10^{16}}$$

Durch Einsetzen dieses Wertes in die Gleichung für die Kraft kann man feststellen:  $P = \text{konst.} P$ . Die Kraft ist demnach proportional dem Werte

konst.  $P = N \sin^2 \omega t + Q \cos^2 \omega t + M \sin \omega t \cos \omega t$ . Dies ergibt Bild 2.

Wann hat nun dieser Wert keine oder nur geringe Schwankungen? Die wichtigste Voraussetzung dafür ist, daß das Glied  $M \cos \omega t \sin \omega t = 0$  wird. In diesem Falle fehlt der Fluß, der sogar negative, also abstoßende Wirkung haben kann, d. h. es ergibt sich folgende Gleichung:

$$M = -2E \frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2} + \left(\frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2}\right)^2 FE - 2 \frac{E q_2}{q_1 + q_2} + 2 \frac{q_1^2 E}{(q_1 + q_2)(2q_1 + q_2)} + \left(\frac{q_1}{2q_1 + q_2}\right)^2 EF = 0$$

<sup>1</sup> s. W. F. K u s s y : Elektrische Niederspannungs-Schaltgeräte. S. 163. Abb. 186 b.



Wird die erste Bestimmungsgleichung erfüllt, so ergibt sich für den Kraftverlauf eines Magneten, der dem Werte  $\sqrt{\sin^2 \omega t + Q \cos^2 \omega t}$  proportional ist, das Bild 3.

Soll der Magnet überhaupt nicht vibrieren, so ist nur jeweils der minimale Wert auszunutzen. Wird  $Q = R$ , so ist keine Schwankung vorhanden und es ergibt sich daher als zweite Bestimmungsgleichung:

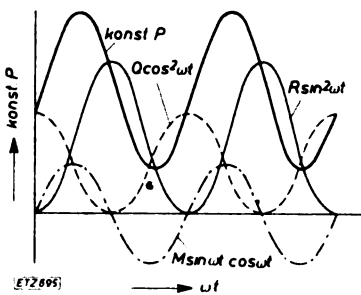


Bild 2. Kraftverlauf eines Magneten mit beliebigem Kurzschlußring.

$$N = 1 - 2F \frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2} + \left( \frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2} \right)^2 F^2 + \left( \frac{q_2}{q_1 + q_2} \right)^2 - 2F \frac{q_2}{q_1 + q_2} + F^2 + \left( \frac{q_1}{q_1 + q_2} \right)^2 + \frac{2q_1^2 F}{(q_1 + q_2)(2q_1 + q_2)} + \left( \frac{q_1}{2q_1 + q_2} \right)^2 F^2$$

$$Q = \left( \frac{q_1}{2q_1 + q_2} \right)^2 E^2 + E^2 + \left( \frac{q_1 + q_2}{2q_1 + q_2} \right)^2 E^2 \quad (20)$$

mit Hilfe dieser beiden Formeln ist der Kurzschlußring ohne weiteres bestimmbar. Sein Widerstand ist außer von den magnetischen Abmessungen von der Frequenz stark abhängig, man bei gleichen geometrischen Abmessungen die folgende Gleichung aufstellen kann:

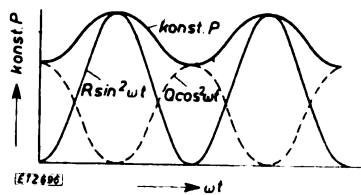


Bild 3. Kraftverlauf eines Magneten mit einem Kurzschlußring, der so bemessen ist, daß  $M = 0$ .

$$\frac{\omega_1^3}{\omega_1^2 + \left( \frac{l_1}{A} \right)^2 10^{10}} = \frac{\omega_2^3}{\omega_2^2 + \left( \frac{l_2}{A} \right)^2 10^{10}} \quad (21)$$

ist also nicht ohne weiteres zulässig, den gleichen Magneten mit den gleichen Abmessungen und gleichem Kurzschlußring bei verschiedenen Frequenzen zu verwenden. Hält man die erste Bestimmungsgleichung für den Kurzschlußring ein, ergeben sich bei verschiedenen Eiseneinfassungen folgende Werte für das Verhältnis der maximalen zur minimalen Kraft für  $f = 50$  Hz (Tafel 1 und Bild 4).

Tafel 1.

$q_2/q_1$	$\frac{\omega^2}{\omega^2 + (l/A)^2 10^{10}}$	$\frac{l}{A} 10^6$	E	F	Q	N	$\frac{P_{max}}{P_{min}}$	Korr. Werte geschätzt
0,1	0,67	221	0,09	0,13	0,012	1,82	152	
0,2	0,67	221	0,19	0,27	0,054	1,79	33	
0,3	0,66	229	0,30	0,40	0,131	1,36	10,8	8,5
0,4	0,66	229	0,39	0,53	0,23	1,15	4,8	3,7
0,5	0,64	239	0,49	0,64	0,37	0,85	2,3	1,8
0,6	0,64	238	0,58	0,77	0,54	0,61	1,1	1,09
0,7	0,66	229	0,67	0,92	0,74	0,51	1,4	1,8
0,8	0,65	254	0,85	1,05	1,22	0,23	5,3	7
0,9	0,55	284	1,07	1,19	2,10	0,19	11	14,5
1,0	0,5	314	1,0	1,0	2,00	0	$\infty$	$\infty$

In dieser Tabelle ist eine Ungenauigkeit enthalten, und zwar ist die Stärke des Kurzschlußringes vernachlässigt. Es ist also angenommen, daß  $q_1 + q_2 = 0,9 ab$ , wobei  $a$  und  $b$  die Abmessungen des Eisenquerschnittes sind und der Faktor  $Q$  angenommen worden ist mit Rücksicht auf die Papierlagen im Magneten. In Wirklichkeit ist  $q_1$  kleiner, und zwar um die einfache oder doppelte Breite des Kurzschlußringes, je nachdem, ob der Kurzschlußring ganz im

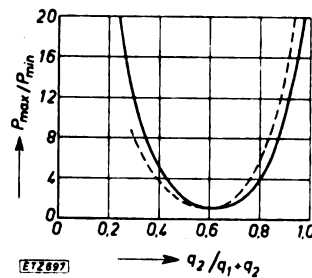


Bild 4. Schwingung der Haltekraft eines Magneten abhängig vom einge-faßten Querschnitt, bei dem  $M = 0$ .

stammt, in dem sich kein Kurzschlußring befindet, während der Wert  $q_1$  allein sich auf den Schenkel bezog, auf dem sich der Kurzschlußring befand. Nachdem die Breite des Kurzschlußringes aber nicht genau vorher feststeht im Verhältnis zum Werte  $q_1 + q_2$ , ist der genaue Wert, um den die Tabelle zu korrigieren ist, nicht allgemein festzulegen, sondern nur am konkreten Beispiel zu berechnen. Man kann schätzen, daß sich ein Kurvenbild ergibt wie die gestrichelte Kurve in Bild 4. Man erkennt daraus, daß keine Schwingung vorliegt bei etwa 56% Eiseneinfassung. Je nach der Größe des Kurzschlußringes wird dieser Wert zwischen 50 und 60% schwanken. Bei dem praktisch ausgeführten Magneten, vor allem für Einphasen-Bremslüftmagnete und Schütze, ist es nicht immer unbedingt erforderlich, am Werte der minimalen Schwingung festzuhalten, weil auch bei günstigstem Kurzschlußring die Größe des Magneten manchmal stärker durch die Anzugs- als durch die erforderliche Haltekraft bestimmt ist.

Nach der bekannten Kurve über den Wert von  $B'/B$ , d. h. der effektiven zur wirksamen Induktion<sup>3</sup> ergibt sich, daß bei geöffneten Magneten, selbst bei Schützen, in denen die erforderliche Anzugskraft wesentlich geringer ist als die Haltekraft, zum Anzug ein größerer Eisenquerschnitt des Magneten erforderlich ist als zum Halten. Es genügt häufig, einen vom Kurzschlußring eingefassten Querschnitt, der zwischen den Werten  $\frac{q_2}{q_1 + q_2} = 0,45 \dots 0,70$  liegt, zu wählen unter der Voraussetzung, daß zu dem Querschnitt der richtige Widerstand gemäß Gl. (19) für die Berechnung der Abmessungen des Kurzschlußringes bestimmt worden ist. Das Vektor-Diagramm (Bild 5) der Flüsse für  $\frac{q_2}{q_1 + q_2} = 0,5$  gemäß

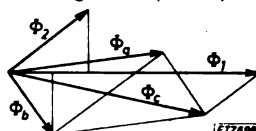


Bild 5. Vektor-Diagramm eines Magneten mit Kurzschlußring.

Gl. (11), (13), (14), (16),  $E = 0,49$ ,  $F = 0,64$ , sei hier dargestellt unter Annahme des idealisierten Kupferquerschnittes. Es ist leicht, hieraus auch für andere Querschnitte das Vektorbild abzuleiten.

Zwei Beispiele mögen zur Erläuterung der vorstehenden Berechnung dienen:

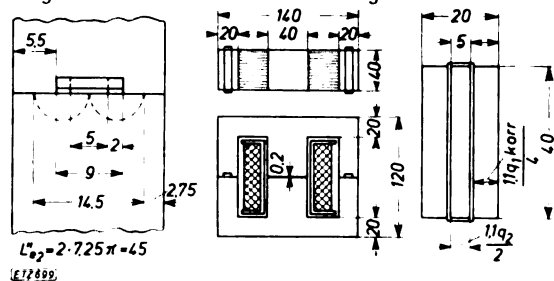


Bild 6. Schütz-Magnet.

Ein Schütz-Magnet nach Bild 6 hat an den beiden äußeren Schenkeln je einen Kurzschlußring, dessen Abmessungen ebenfalls aus der Abbildung hervorgehen. Es soll untersucht werden, bei welchem Widerstand die Schwingung am geringsten ist. Zur Bestimmung der magnetischen Widerstände ergeben sich folgende Werte:

<sup>3</sup> W. F. K u s s y : Untersuchungen an Wechselstrommagneten. Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 404.

$$\begin{aligned}
 q_1 &\approx 10,8 \text{ cm}^2 \\
 q_2 &\approx 3,6 \text{ cm}^2 \\
 q_1 + 2q_2 &\approx 18,0 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} &\approx 8,8 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} + q_2 &\approx 12,4 \text{ cm}^2 \\
 q_1 + q_2 &\approx 14,4 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} + q_1 + q_2 &\approx 23,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Setzt man diese Werte in die Gl. (19) für die Berechnung des Kurzschlußringes ein, so ergibt sich  $r/A = 189 \cdot 10^{-8}$ . Setzen wir voraus, daß dieser Magnet bei 50 Hz-Wechselstrom verwendet werden soll, so ist nur noch die Größe  $A$  zu bestimmen. Hierin ist  $d_1 = 0,02 \text{ cm}$ ,  $d_2$  wie bereits dargelegt  $0,005 \text{ cm}$ ,  $Le'_2 = Le_1 = 25 \text{ cm}$ ,  $Le'_2$  ergibt sich aus Bild 6 zu  $2 \cdot 0,75 \pi = 4,5 \text{ cm}$ . Die Permeabilität ist bei der betreffenden Eisensorte und Induktion laut Angabe des Lieferanten des Eisens  $\mu = 500$  ( $B_{\text{max}} = 15000 \text{ G}$ ).

Es handelt sich bei diesen Magneten um einen Tauchankermagneten, so daß  $L'/L = 0,8$  betrug<sup>4</sup>. Die Windungszahl  $n_2 = 1$ .

$$R'_2 = \frac{2 \cdot 0,005}{3,6} + \frac{2 \cdot 0,02}{14,4} + \frac{4 \cdot 25/500}{18,0} = 0,017$$

$$R''_2 = \frac{2 \cdot 0,005}{3,6} + \frac{2 \cdot 0,005}{8,8} + \frac{4 \cdot 4,5/500}{12,4} = 0,0069$$

$$R_2 = \frac{R'_2 R''_2}{R'_1 R''_1} = 0,0049$$

$$A = 2 \cdot 0,4 \pi \frac{1}{0,8} \frac{1}{0,0049} = 630$$

$$r_2 = \frac{r}{A} A = 189 \cdot 630 \cdot 10^{-8} = 0,00118 \Omega$$

Zum Vergleich mit den rechnerischen Ergebnissen wurde der vorliegende Magnet untersucht; dabei haben Kurzschlußringe verschiedenen Kupferdurchschnittes jeweils das gleiche Stück Eisen eingefasst. Die Änderung der Haltekraft, abhängig vom Kupferquerschnitt, ist in Bild 7 dargestellt, und zwar jeweils bei „ruhigem“ Magnet. Der Widerstand des Kupferringes ist ebenfalls errechnet und in Bild 7 dargestellt. Hierbei muß selbstverständlich der Widerstand des Kupfers im warmen Zustand angenommen werden. Man sieht die gute Übereinstimmung zwischen dem errechneten und gemessenen Wert.

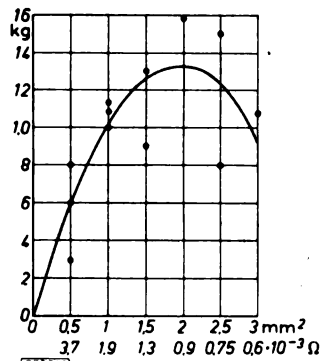


Bild 7. Abhängigkeit der Haltekraft eines Magneten mit Kurzschlußring vom Widerstand bei gleichem eingefassten Querschnitt.

Als zweites Beispiel diene ein Klappankermagnet. Bild 8 mit folgenden Werten:  $\mu = 800$   $B_{\text{max}} = 13300 \text{ G}$

$$\begin{aligned}
 q_2 &= 2,8 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} &= 2,0 \text{ cm}^2 \\
 q_1 + 2 q_2 &= 8,8 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} + q_2 &= 4,8 \text{ cm}^2 \\
 q_1 + q_2 &= 6 \text{ cm}^2 \\
 q_1 \text{ korr.} + q_1 + q_2 &= 8 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Setzt man nun gemäß Bild 8  $Le'_2 = 20 \text{ cm}$ ,  $Le''_2 = 4,7 \text{ cm}$  ein, so ergibt sich, wenn man  $d_1$  wieder mit  $0,02 \text{ cm}$  und  $d_2$  mit  $0,005 \text{ cm}$  annimmt, für  $R'_2 = 0,022$ ,  $R''_2 = 0,0136$ ,  $R_2 = 0,0084$ ,  $A = 400$ ,  $r/A = 218 \cdot 10^{-8}$ ,  $r = 0,00087 \Omega$ .

Gemessen wurde ein Widerstand von  $r = 0,00085 \Omega$  als günstigster Wert.

Ein Magnet mit Kurzschlußring dient auch zum Antrieb von Ferrarislaufwerken. Das Feld erzeugt unter dem Polschuh in der Scheibe eine Spannung, deren Größe sich wie folgt errechnet:

$$E \approx B l v \cdot 10^{-8}, R = l a / q,$$

wobei  $a$  die Breite (mm),  $l$  die Länge des Polschuhes (m)  $\delta$  (mm) die Scheibenstärke,  $v$  (m/s) die Geschwindigkeit der Scheibe,  $q = \delta a$ . Der Gesamtwiderstand ist nach Erfahrungswerten etwa 2,2 mal so groß wie der Widerstand unter dem

<sup>4</sup> W. F. Kussy: Elektrische Niederspannungs-Schaltgeräte. S. 188.

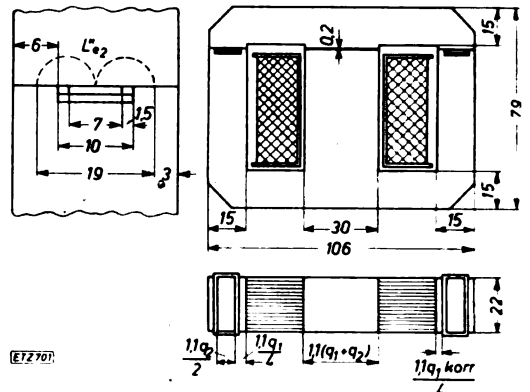


Bild 8. Klappankermagnet.

Polschuh, so daß sich in der Scheibe ein Strom entwickelt in der Größe<sup>5</sup>:

$$I_3 = E/2,2 \rho l/q.$$

Dieser Strom eilt dem Fluß um  $90^\circ$  nach. Außerdem entsteht im Kurzschlußring ein elektrischer Strom, der aus Gl. (15) nach Richtung und Größe festgelegt werden kann. Ist der Strom im Kurzschlußring  $i_2$  bekannt, so werden zunächst die Stromfäden, die in der Scheibe gebildet werden, anziehende oder abstoßende Kräfte auf dem Kurzschlußring erzeugen (Bild 9).

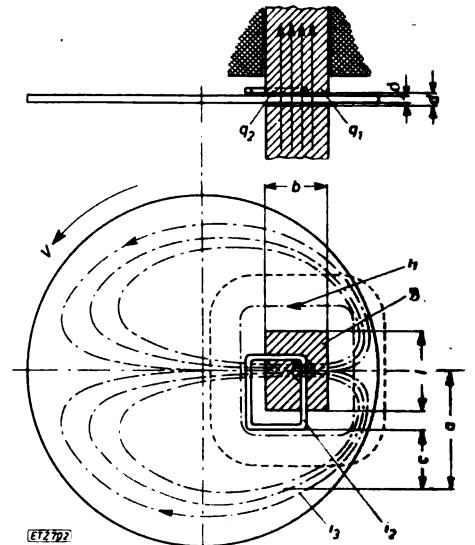


Bild 9. Feldlinienverlauf in einer Ferraris-scheibe bei einem Magnet mit Kurzschlußring.

Nachdem der eine Teil des Kurzschlußringes etwa in der Mitte des Polschuhes angebracht ist, entsteht unter dem Polschuh-Mittellinie zwischen den beiden Strömen in der Kurzschlußwicklung und den an dieser Stelle in der Scheibe verlaufenden Stromfäden keine Kraft, die die Scheibe drehen könnte. Der Strom im Kurzschlußring übt dagegen Kräfte in tangentialer Richtung auf die Stromfäden aus, die in Richtung der Polbreite verlaufen, während die Kräfte, die auf die Ströme im Kurzschlußring in Richtung der Polschuhlänge ausgeübt werden, sich fast gegenseitig aufheben, so daß die Gesamtkraft, mit der die Scheibe vom Kurzschlußring angezogen oder abgestoßen wird, sich wie folgt ergibt:

$$P \approx \frac{0,2 i_2 i_3}{9,81 \cdot 10^6} l \left( \frac{1}{c} + \frac{1}{a-c} - \frac{1}{2a-c} \right) \cos(i_2 i_3) [\text{kg}]$$

Bekanntgegeben ist nun meist durch die erforderlichen Kontaktkräfte und die Reibungsverluste die Anzugskraft sowie aus der Schaltgeschwindigkeit durch die Übersetzungsverhältnisse die erforderliche Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe. Aus diesen Erfordernissen können dann die elektrischen Daten der Wicklung und des Magneten sowie die

<sup>5</sup> Haberland: Magnetismus und Wechselstromtechnik. S. 57

scheibendicke mit der oben genannten Formel nachgerechnet werden. Der Rechnungsgang muß hier ebenfalls so erfolgen, daß zunächst die Annahmen über die Daten des Ferrarislaufwerkes aufzustellen sind und dann nachzuprüfen ist, ob durch die angenommenen Daten die gegebenen Bedingungen erfüllt werden.

#### Zusammenfassung

Es ergibt sich bei einem Einphasenmagneten mit Kurzschlußring, daß die Kraft im allgemeinen nach einer Kurve gemäß Bild 2 und der Formel (18) verläuft. Die Schwankung wird am geringsten, wenn  $M = 0$  ist, daher werden die Bedingungen abgeleitet, die an den Kurzschlußring gestellt werden, damit  $M = 0$  wird. Auf Grund dessen kann eine Kurve aufgestellt werden (Bild), die die Abhängigkeit der

Zugkraftschwankung vom eingeschlossenen Eisenquerschnitt darstellt. Diese Kurve hat ein Minimum an dem Punkt, an dem keine Zugkraftschwankung mehr vorhanden ist. Es konnte nachgewiesen werden, daß bei einem eingefasteten Querschnitt von etwa 45 ... 70% des Eisens und bei Erfüllung der Gl. (19) für den Kupferquerschnitt der Kurzschlußring leicht bestimmbar ist. Dies wurde auch durch Versuche bewiesen. Das Vektor-Diagramm wurde bestimmt, ebenso eine Gl. (21) dafür angegeben, wie sich der ohmsche Widerstand der Kurzschlußwindung bei verschiedenen Frequenzen der Primärwindung verhalten muß. Am Schlusse der Darstellung wurde noch die Anzugskraft bei einem Ferrarislaufwerk berechnet, bei dem der Sekundärfluß durch einen Kurzschlußring erzeugt wurde.

## Richtstrahltechnik

DK 621.396.41 :029.6 (494)

Mitarbeiter der Brown-Boveri AG., Baden, berichten in Vorträgen über Entwicklung und Konstruktion von Richtstrahlanlagen sowie über Planung und Betriebserfahrungen beim Ausbau des schweizerischen Richtstrahlnetzes<sup>1</sup>.

Mit Richtstrahltechnik bezeichnet man ein Verfahren der drahtlosen Mehrkanalübertragung unter Benutzung von Trägerfrequenzen im Bereich der dm- und cm-Wellen. Die Vorteile dieses Verfahrens gegenüber der drahtgebundenen Übertragungstechnik mit längeren Wellen liegen in der großen Bandbreite, der frequenzunabhängigen Dämpfung, den quasi-ebenen Ausbreitungseigenschaften, der Richtfähigkeit, der Unabhängigkeit von Geländeschwierigkeiten und der Möglichkeit eines schnellen Auf- und Abbaues einer Verbindung.

Es werden 2 Einheitssysteme, das Impuls-Multiplex-System und das FM-Einträgersystem, beschrieben, die sich durch eine Trägerfrequenz und das Modulationsverfahren unterscheiden. Das Impuls-Multiplex-System arbeitet mit einer Trägerfrequenz von etwa 2000 MHz, die mit einem Spezialmagnetron (Turbator)<sup>2</sup> erzeugt wird und durch einen als sequenznormal dienenden Hohlraumresonator innerhalb einer relativen Genauigkeit von 100 kHz gehalten wird. Zur Modulation wird ein Zeitmultiplexsystem benutzt, bei dem

Kanäle zeitlich nacheinander in Form periodischer Impulse übertragen werden, wobei der Augenblickswert der Sprechspannungen den Impulseinsatz bei konstanter Impulsamplitude steuert. Das Verfahren ist unabhängig von Amplitudenschwankungen und Nichtlinearitäten der Röhrenkennlinien, so daß mehrere Richtstrecken durch Relaisstationen ohne Gefahr unzulässiger Verzerrungen hintereinandergeschaltet werden können. Die Impulsleistung des Senders beträgt bei einem Tastverhältnis von 1:5 etwa 50 W. Die Impulsbreite ist 1 µs bei einer Impulsfrequenz von 8000 Hz. Bei einer NF-Bandbreite von 30 ... 3400 Hz ist bei voller Aussteuerung das Signal-Störverhältnis 7 Np, die Nebensprechdämpfung > 7,5 Np. Die Übertragung erfolgt über Parabolspiegel von 1,4 m Dmr. mit 4° Bündelungsschärfe und einem Leistungsgewinn von 10 db. Die Ausbreitung ist im wesentlichen an die optische Wellenlänge gebunden.

Die Aufbereitung der 24 NF-Signale in periodische Impulse erfolgt im Kanalsammler, der, von einer quartzynchronisierten 32 kHz-Schwingung ausgehend, 4 zueinander phasenverschiebte Folgen von je 6 Impulsen erzeugt. Der Gleichlauf der Impulsfolge auf der Empfängerseite wird durch Übertragung des Synchronisierimpulses und Vergleich mit einem empfangenseitigen 32 kHz-Oszillator durchgeführt, wobei eine Phasenkonstanz von etwa 2°, d. h. rund 1,0 µs bezogen auf die Periodendauer der Impulsfolgefrequenz von 1/8000 s sichergestellt wird.

Die Übertragungsbereichweite wird durch das Signal-Störverhältnis am Empfängereingang bestimmt. Als Rauschquellen sind das Empfängereingangsrauschen, das Senderrauschen und das Rauschen im Überlagerungsozillator zu berücksichtigen.

Der Empfänger arbeitet mit Kristalldiodenmischung im Frequenzbereich und benutzt als Oszillator ebenfalls den Turbator, über einen Diskriminator im ZF-Verstärker auf konstante Frequenz nachgestimmt wird. Im Ausgang des ZF-Teils ist eine

Verstärkerstufe mit einer Eingangsschwellenspannung zur Unterdrückung von Geräuschspannungen vorgesehen. Als Antennenzuleitung werden koaxiale Kabel mit 50 Ω Wellenwiderstand und Polyäthylen- oder Luftisolierung benutzt.

Das FM-Einträgersystem arbeitet mit Trägerfrequenzen im Bereich von 150 ... 220 MHz und ist daher nicht so streng an optische Sicht zwischen Sende- und Empfangsstation gebunden. Die Modulationsspannungen von 12 oder 24 Kanälen werden auf eine ZF umgesetzt, die ihrerseits nach dem Verfahren der Frequenzmodulation den Träger steuert, so daß der Anschluß an vorhandene drahtgebundene Trägerfrequenzanlagen ohne Umwandlung der 240 kHz breiten Bänder möglich ist.

Die technische Ausführung der Sender und Empfänger weist keine Besonderheit auf. Die Modulation erfolgt mit Reaktanzröhren und die Frequenzkonstanthaltung auf  $\pm 10^{-4}$  durch einen Kontrolldiskriminator mit Quarzoszillator und getrennter Blindröhre. In der für das 50 W ausgelegten Leistungsstufe ist ein Amplitudenmodulator für die Übertragung von Dienstgesprächen vorgesehen, die in den bei größeren Entfernungen zwischengeschalteten Relaisstationen ohne den bei FM erforderlichen Aufwand demoduliert werden können. Im Empfänger wird durch einen quartzesteuerten Überlagerungsozillator auf die ZF umgesetzt. Im Ausgang der ZF-Kreise sind 2 Begrenzerstufen für die Beseitigung von Amplitudenschwankungen vorgesehen. Die vorher abgezweigte AM-Demodulationsstufe liefert zusätzlich eine Regelspannung für automatische Verstärkungsregelung. Die Relaisstationen sind als HF-Verstärker mit Frequenzumsetzung ausgebildet, so daß Verzerrungen durch Demodulations- und erneute Modulationsvorgänge vermieden werden. Die Frequenzeinhalten von  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ , bezogen auf das Empfangssignal, wird durch 2 quartzgesteuerte Überlagerungsozillatoren gewährleistet. Durch Einschaltung einer Begrenzerstufe werden auch hier etwaige durch die Übertragung entstandene Amplitudenschwankungen beseitigt. Der Eingangsspannungsbedarf für volle Senderleistung beträgt 15 µV.

Als Sende- und Empfangsantennen werden vertikal angeordnete Faltdipole mit winkelförmig angeordneten Reflektorstäben bei einem Leistungsgewinn von etwa 100 benutzt.

In einer theoretischen Betrachtung wird ein Vergleich zwischen Einträger- und Mehrträger-Kanalsystemen, vor allem im Hinblick auf die Nebensprechverhältnisse durchgeführt. Aus praktischen Überlegungen wird bei Vorhandensein drahtgebundener Trägerfrequenzeinrichtungen dem Einträgersystem der Vorzug gegeben. Die Eigenschaften einer Mehrträgeranlage für 200 MHz wurden experimentell untersucht.

In 3 weiteren Artikeln werden die Entwicklung von Mikrowellengeräten, Meßeinrichtungen für Fertigungsüberwachung, die Entwicklung des Turbators für Richtstrahlgeräte und die Projektierung von Richtstrahlanlagen behandelt. Die Erfahrungen beim Aufbau einer Nord-Süd-Richtstrahlverbindung über die Schweizer Alpen werden unter besonderer Berücksichtigung der Geländebedingungen und der Ausbreitungserscheinungen geschildert.

Seit 1949 ist eine Meterwellenverbindung nach dem FM-Einträgersystem mit 6 Kanälen und vollautomatischer Wahl zwischen Zürich und Genf in Betrieb, die zur Zeit durch eine Impuls-Multiplexanlage mit 46 Kanälen erweitert wird. Ferner ist eine Meterwellenanlage für 12 ... 24 Sprechkanäle zwischen Bern und Lugano im Bau. Lts

<sup>1</sup> Richtstrahltechnik. Sonderheft der Brown-Boveri Mitt. 36 (1949) S. 47 S., 54 B.  
<sup>2</sup> ETZ 71 (1950) S. 252.

# Automatische Großrechenmaschinen

Von Hermann Athen, Elmshorn

DK 411C

**Übersicht.** Von den modernen Großrechenanlagen gewinnen die ziffernmäßig rechnenden Großautomaten für wissenschaftliche und praktische Rechnungen mehr und mehr an Bedeutung. — Nach einer Einführung in das Dualrechnen werden als Vertreter der elektromagnetischen Relaisautomaten bzw. der elektronischen Großautomaten, das Gerät Z 4 von K. Zuse bzw. der ENIAC von Eckert und Mauchly näher erläutert und mit ihren wichtigsten elektrischen Arbeitsfunktionen dargestellt. In einem besonderen Abschnitt werden einige neuere Entwicklungen von Speicheranlagen für Großrechenautomaten behandelt.

## 1. Allgemeine Gesichtspunkte

Durch manche mathematischen Probleme, die von der modernen Physik und Technik aufgeworfen worden sind und deren Lösung infolge der in der Natur der Sache liegenden mathematischen Schwierigkeiten auf ganz erhebliche Rechenarbeit führt, ist im letzten Jahrzehnt der Bau automatischer Großrechenanlagen ganz entscheidend gefördert worden. Die vielfach sensationelle Berichterstattung hat in der Öffentlichkeit den Eindruck erweckt, daß diese „mechanischen Gehirne“ leistungsfähiger seien als das menschliche und daher Probleme lösen könnten, die dem menschlichen Denken unzugänglich sind. Nichts ist falscher als diese Ansicht, und man darf ohne Bedenken feststellen, daß ein Rechenautomat erst dann die Rechenoperationen mit erhöhter Geschwindigkeit ausführen kann, wenn alle Rechenvorgänge in Einzelfällen vollständig entwickelt und geprüft sind; erst in diesem Stadium kann die automatische Großrechenmaschine zur Bewältigung einer großen Zahl von Rechenaufgaben nach den gleichen prinzipiellen Methoden eingesetzt werden. Grundsätzlich läßt sich die Idee eines automatisierten Rechenvorganges auf zweierlei Weise verwirklichen. Die eine benutzt die Möglichkeit, für die in Zahlen umzusetzende mathematische Formel ein geeignetes physikalisches Analogon zu verwenden, welches die mathematischen Variablen durch stetig veränderliche physikalische Größen ersetzt. Zur Erläuterung solcher Analogierechner kann im Prinzip etwa die elektrische Schemaschaltung (Bild 1) dienen: an den Enden eines Spannungsteilers  $R_0$  liege die Spannung  $U_0$ ; an der Stelle  $x$  wird daher die Spannung  $U_0x$  abgegriffen, die in Serie mit der weiteren Spannung  $U_1$  an einem zweiten Spannungsteiler  $R_1$  am gleichen Abgriff  $x$  die Spannung  $(U_0x^2 + U_1x)$  liefert; ein dritter Spannungsteiler  $R_2$  liefert mit  $U_2$  die Spannung  $U = U_0x^3 + U_1x^2 + U_2x$  usw. Man erkennt sofort, daß es auf diese Weise prinzipiell möglich ist, beliebige Polynome von der Form

$$y = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-1} x + a_n$$

darzustellen, deren mit  $x$  veränderliche  $y$ -Werte, Nullstellen, Extrema usw. elektrisch abgelesen werden können. Durch Parallelschaltung solcher Elemente und besondere Wicklung der Widerstände könnten ferner auch andere Funktionen dargestellt werden. Auf der anderen Seite stehen die Stellenrechner, bei denen die Zahlen ziffernmäßig durch geeignete Bauteile schrittweise in Erscheinung treten wie etwa bei den normalen Addier- und Rechenmaschinen. Auf diese letzteren allein sollen sich die nachstehenden Ausführungen beschränken, soweit neben diesem besonderen Charakteristikum und außer der gesteigerten Geschwindigkeit noch eine volle Automatisierung des Rechenvorganges und die universelle Einsatzmöglichkeit für alle Arten mathematischer Operationen vorhanden sind.

## 2. Das duale Zahlensystem

Die wichtigsten Bauelemente aller Automaten sind Schaltelemente, die zweier entgegengesetzter Zustände fähig sind, wie bei einem Schalter, dessen Stellungen „Aus“ oder „Ein“ bedeuten. Solche Schalter können durch andere Schaltelemente steuerbar sein, wie die aus der Fernmeldetechnik bekannten elektromagnetischen Relais. Hierher gehören auch Röhrenschaltungen, die elektrisch gesteuert werden und elektrische Impulse durchlassen oder absperrern. Papierstreifen können Lochungen nach dem Hollerithsystem durch ihr Vorhandensein oder Fehlen dieses „Aus — Ein“ Prinzip realisieren; ebenso gehört bei der Verwendung beweglichen Stahlbändern oder Walzen nach dem Magnophon-Prinzip die Aufprägung oder Unterdrückung der Einzelimpulse aus einer gleichmäßigen Folge von elektrischen Impulsen in die Kategorie der Schaltelemente mit zwei variablen Angaben. Alle diese praktisch im Gebrauch befindlichen Bauelemente legen die Verwendung eines Zahlensystems nahe, welches nur zwei Zahlensymbole kennt. Gegensatz zum geläufigen Dezimalsystem mit seinen Ziffern 0...9. Dies ist das sog. Dualsystem, welches der Mathematik seit langem bekannt ist, aber praktische Bedeutung erst in neuerer Zeit gewonnen hat. Zum Verständnis betrachten wir eine Zahl im Dezimalsystem, z. B. 1951. Jeder Ziffer kommt ein Stellenwert zu, der durch die betreffende Zehnerpotenz gegeben ist. Es ist also zu lesen:

$$1951 \hat{=} 1 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 1 \cdot 10^0.$$

Die Verwendung des Dezimalkommas ermöglicht auch die Darstellung von Zahlen unter 1, z. B.

$$2,389 \hat{=} 2 \cdot 10^0 + 3 \cdot 10^{-1} + 8 \cdot 10^{-2} + 9 \cdot 10^{-3}.$$

Zu jeder Dezimalzahl wird also beim Lesen von rechts nach links der Stellenwert um den Faktor 10 vergrößert. Im Dualsystem wird nun einfach dieser Faktor durch die Potenzen von 2 ersetzt. Die Stellenwerte durch die Potenzen von 2 ersetzt, einer Dezimalzahl können die Zehnerpotenzen noch die Faktoren zwischen 0 und 9 versehen sein, so daß eine Stelle durch 10 Ziffern ausgefüllt werden kann. Bei der Dualzahl gibt es aber nur die Faktoren 0 und 1, da

$$2 \cdot 2^n = 2^{n+1}; \quad 3 \cdot 2^n = 2 \cdot 2^n + 1 \cdot 2^n = 2^{n+1} + 2^n$$

ist usw.; der Faktor 1 bzw. 0 bedeutet danach, daß die Stelle mit der betreffenden Potenz von 2 vorhanden bzw. nicht vorhanden ist. So bedeuten der Reihe nach in dualer Schreibweise!

$$1 \hat{=} 1 \cdot 2^0 = 1; \quad 10 \hat{=} 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 2;$$

$$100 \hat{=} 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 4;$$

$$1000 \hat{=} 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8 \text{ usw.}$$

während nunmehr die Dualzahl **100101101** zu lesen ist

$$\begin{aligned} 100101101 &\hat{=} 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \\ &= 256 + 0 + 0 + 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1 = 301 \end{aligned}$$

In der gleichen Weise sind auch die Dualziffern nach dem Komma zu lesen:

$$\begin{aligned} 11,1011 &\hat{=} 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} \\ &= 2 + 1 + 1/2 + 0 + 1/8 + 1/16 = 3,6875 \end{aligned}$$

Ordnet man nun jeder Stelle einer Dualzahl ein „Aus“-Schaltelement zu, so kann durch „Ein“ die Dualzahl also das Vorhandensein, durch „Aus“ die Dualzahl 0 das Fehlen einer Potenz von 2 konstruktiv dargestellt werden. Hierin liegt der große Vorteil der Dualzahlen für maschinelle Rechnen. Es erscheint zunächst, als ob der Vorzug durch den Nachteil der durchschnittlich 3,3mal höheren Stellenzahl erkauft wäre, wie ein Vergleich der Dualzahl 975 in beiden Systemen zeigt:

<sup>1</sup> Dualzahlen sollen durch halbfetten Druck gekennzeichnet sein.

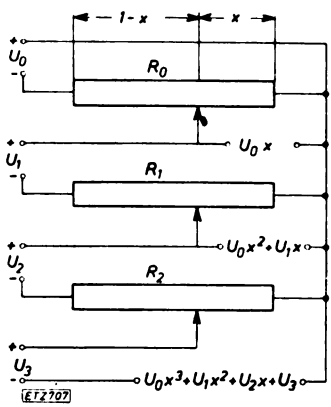


Bild 1. Elektrische Schaltung für Polynome.

Dezimal: 975 . . . . . 3 Stellen;  
 Dual: 975 = 1111001111 . . . . . 10 Stellen.

In Wirklichkeit ist dies aber keineswegs ausschlaggebend. Denn im Dezimalsystem benötigt man für jede der Ziffern 1...9 einer Stelle (die 0 bleibt leer) konstruktiv je ein Schaltelement, das sind insgesamt 9 für eine Dezimalstelle. Damit lassen sich aber dual alle Zahlen zwischen 0 und  $\sum_{i=0}^8 2^i = (2^9 - 1) = 511$  darstellen. Allgemein wird der Geräteaufwand bei dualer Darstellung um etwa das 2,7fache herabgesetzt.

Die Rechenoperationen der Addition und Multiplikation sind im Dualsystem nicht schwieriger als im Dezimalsystem, hingegen ist die Zahl der Grundoperationen viel kleiner. Im Dualsystem ist sie erschöpft durch die folgenden:

Add.:  $0 + 0 = 0; 0 + 1 = 1; 1 + 0 = 1; 1 + 1 = 10;$   
 Mult.:  $0 \cdot 0 = 0; 0 \cdot 1 = 0; 1 \cdot 0 = 0; 1 \cdot 1 = 1,$

während das Dezimalsystem je 100, also 25 mal so viele Grundoperationen erfordert. Die Rechenoperationen selber verlaufen in beiden Systemen analog, wie folgende Gegenüberstellung zeigt.

Dezimal	Dual
247	11110111
+ 1313	+ 1010010001
1560	11000011000
1313 · 247	10100100001 · 11110111
326	10100100001
5252	10100100001
9191	10100100001
124311	101001000010
	10100100001
	10100100001
	10100100001
	10100100001
	10100100001
	1001111001011010111

Subtrahieren oder Dividieren läßt sich maschinell auf Addition oder fortgesetzte Subtraktion zurückführen. — Besondere Erwähnung verdient noch die Übersetzung der verwandten Dezimalzahlen in das Dualsystem zum Rechnen und des dualen Ergebnisses in die dezimale Schreibweise. Das ist natürlich eine gewisse Komplizierung, die aber bei der großen Zahl der rechnerischen Zwischenoperationen nicht ins Gewicht fällt.

**3. Der Aufbau der Rechenautomaten**

Die Tätigkeit eines Rechenautomaten läßt sich nach dem Schema von Hartree [2] weitgehend an der Arbeitsweise eines menschlichen Rechners erklären, der etwa mit Hilfe von Rechenschieber und Zahlenafeln mathematisch-numerische Berechnungen durchführt. In Bild 2 stellen die Verbindungslinien das Zusammenwirken der Hilfsmittel dar, während die kleinen Kreise die vom Bewußtsein kontrollierten und betätigten „Schalter“ darstellen, die die Verbindung herstellen.

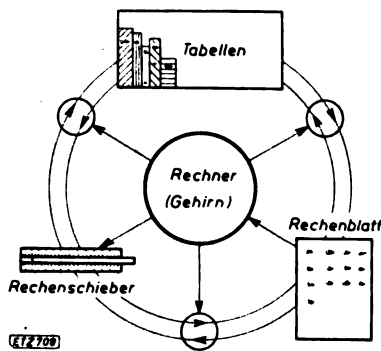


Bild 2. Schema der menschlichen Rechentätigkeit.

Genau so muß man sich den Aufbau eines Rechenautomaten vorstellen, der aus dem schematischen Bild 3 ohne Schwierigkeiten verständlich ist. Der gesamte Mechanismus ist allerdings noch um zwei Elemente vermehrt: das Eingabewerk, welches dem Automaten die Anfangsbefehle und sonstige Informationen zuführt, und das Resultatwerk, welches End- und Zwischenergebnisse auf Abruf in lesbare Form mitteilt. In beiden Fällen verwendet man häufig

Nummernscheiben, Lochkarten oder Lochstreifen, Magnetbänder oder Stahlwellen, Lampen u. ä.. Die Funktionen der anderen Elemente sind leicht umrissen. Das Rechenwerk ist für die Ausführung der einfachen arithmetischen Grundoperationen eingerichtet, also im Wesentlichen zur Addition und Multiplikation, zur Erkennung des Vorzeichens und der Gleichheit zweier Zahlen geeignet.

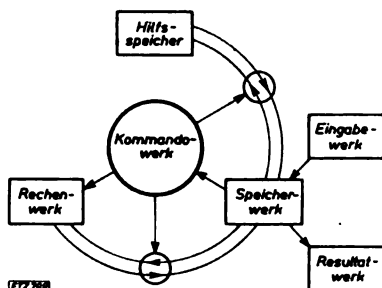


Bild 3. Schema der Tätigkeit im Rechenautomaten.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Kommandowerk (Gehirn) zu. Die vor Beginn des Rechenvorganges vorgenommene Zerlegung einer komplizierten Rechnung in die arithmetischen Grundoperationen wird dem Kommandowerk ein für alle Mal in Form von Lochstreifen u. ä. mitgeteilt. Es sorgt nun seinerseits dafür, daß diese in der richtigen Reihenfolge vom Rechenwerk ausgeführt, daß die auftretenden Zwischenergebnisse automatisch gewissen Zellen des Speicherwerks zugeleitet und von hier aus auch schließlich bei Bedarf wieder ins Rechenwerk zurückgerufen werden. Manche Einzelbefehle werden zu Befehlsgruppen zusammengefaßt; z. B. Berechnung des elektrischen Gesamtwiderstandes  $R$  aus zwei parallel geschalteten Einzelwiderständen  $R_1$  und  $R_2$  gemäß

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

d. h. allgemein: Multiplizieren zweier Zahlen, Zuleitung in eine bestimmte Speicherzelle, Addition zweier anderer Zahlen und Zurückrufen des ersten Ergebnisses zwecks Division durch das letzte. — Auf diese Weise kann der gesamte Umfang der mathematisch denkbaren Operationen auf eine relativ kleine Anzahl von Befehlsgruppen und Einzelbefehlen reduziert werden (rd. 60 beim ENIAC). Dabei ist es besonders bemerkenswert, daß ein Rechengang zyklisch wiederholt werden kann, wie es etwa bei der Integration einer Differentialgleichung erforderlich ist; ferner kann ein Befehl bedingt gegeben werden, d. h. die Durchführung eines Rechenganges wird von der Art des vorangehenden Ergebnisses abhängig gemacht, wie beim Wurzelziehen nach dem Gaußschen Algorithmus. Dadurch kann die Maschine entscheiden, welchen Weg sie bei verschiedenen Möglichkeiten einzuschlagen hat. Erst hierdurch werden die außerordentlichen Leistungen der automatischen Programm-Rechenmaschinen im vollen Umfange eröffnet. Es ist ersichtlich, daß die Tätigkeit eines Rechenautomaten nach einem festen Plan der Selbstwählanlage in einem modernen Fernsprechnetzt ähnelt, indem er im zeitlichen Ablauf der Rechnung die erforderlichen Verbindungen zwischen den an der Rechnung beteiligten Elementen automatisch herstellt; jeder Teilnehmer ruft im Prinzip nach Beendigung seiner Tätigkeit durch ein besonderes Zeichen den nächsten auf. — Der im Schema von Bild 3 eingezeichnete Hilfsspeicher nimmt die ein für alle Mal tabulierten Hilfsfunktionen (sin, lg usw.) in ziemlich groben Schritten auf; für die Interpolation sorgt die Maschine selber.

Ein Umstand ist ausdrücklich zu erwähnen: Zwischenwerte müssen mit einer Geschwindigkeit gespeichert und zurückgenommen werden, die derjenigen des Rechenwerks entspricht, da erst damit die Rechenmaschine ihre volle Leistungsfähigkeit ausschöpfen kann. Dies ist der Grund dafür, daß bei einigen modernen Rechenautomaten kein großer Unterschied zwischen Rechenwerk und Speicher besteht, so daß manche Operationen mit gleichen Mitteln auch direkt im Speicher ausführbar sind.

**4. Relaisgesteuerte Ausführung der Grundoperationen**

Im Folgenden soll zunächst die elektromagnetische Relaissteuerung beim Dualrechnen erläutert werden. Sie ist am einfachsten zu überblicken und kennzeichnet auch das Prinzip aller anderen Steuerungsarten. Ein in Deutschland



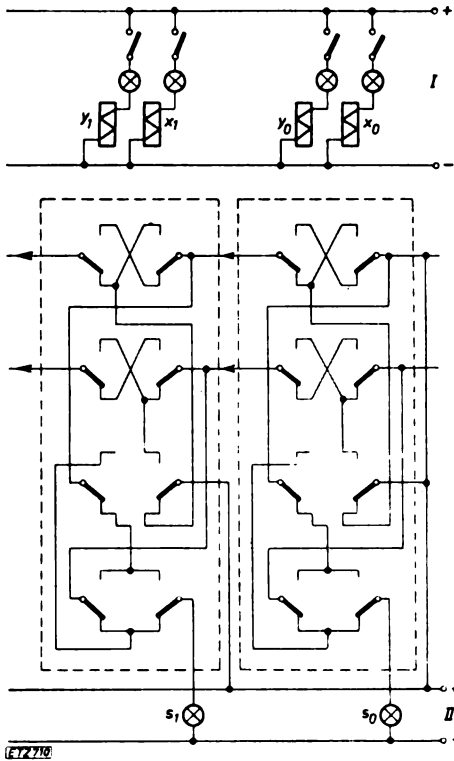


Bild 4. Duales Addieren.

hergestelltes Gerät, dessen Entwicklung durch Konrad Zuse auf das Jahr 1936 zurückgeht und das seit einiger Zeit im Institut für angewandte Mathematik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich arbeitet, benutzt die erprobten Fernmelderelais, deren Arbeitsweise ja bekannt ist. Die elektromagnetische Betätigung einer Reihe von Kontakten bewirkt die Umlegung von Schaltern auf „Ein“ oder „Aus“. In Bild 4 ist eine Möglichkeit für die Addition von zwei Dualzahlen

$$X = X_n X_{n-1} X_{n-2} \dots X_2 X_1 X_0,$$

$$Y = Y_n Y_{n-1} Y_{n-2} \dots Y_2 Y_1 Y_0$$

schematisiert, wobei die  $x_v$  und  $y_v$  für 0 oder 1 stehen. An die gezeichneten Dualstufen  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$  und  $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$  schließen sich nach links hin die analog gebauten weiteren Stufen an. Die anzeigenden Elemente sollen durch Glühlampen  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$  und  $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$  für die Dualziffern und  $s_0, s_1, s_2, \dots, s_n$  für deren Summen verwirklicht werden; sie leuchten bei „Ein“  $\hat{=}$  1 und sind dunkel bei „Aus“  $\hat{=}$  0. Wird z. B. der Schalter  $n$  nur bei  $x_0$  eingelegt, also  $x_0 \hat{=}$   $2^0 \hat{=}$  1 angezeigt, so werden alle unterhalb  $x_0$  liegenden Relaiskontakte nach oben gehoben. Die Abbildung läßt erkennen, daß nunmehr die Lampe  $s_0 \hat{=}$   $2^0 \hat{=}$  1 aufleuchtet; das entsprechende ist der Fall bei  $y_0$  allein. Werden aber  $x_0$  und  $y_0$  gleichzeitig eingeschaltet, so werden alle unterhalb  $x_0$  und  $y_0$  liegenden Kontakte gehoben. Die jetzt vorhandene Stromführung läßt

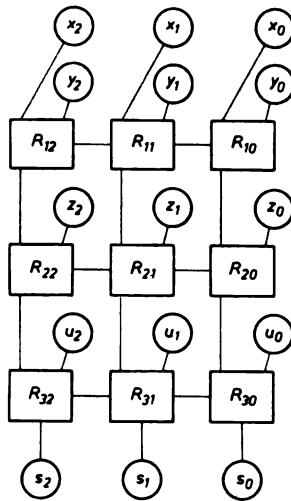


Bild 5.  $x + y + z + w = s$ .

$s_0$  dunkel, aber  $s_1$  ist durch die Übertragerleitung  $U$  zum Aufleuchten gebracht. Gleichzeitiges Einschalten von  $x_0$  und  $y_0$  und Aufleuchten von  $s_1$  bedeutet  $x_0 + y_0 = s_1$  oder  $2^0 + 2^0 = 2^1$ , d. h. dual  $1 + 1 = 10$ . Wird außer  $x_0$  und

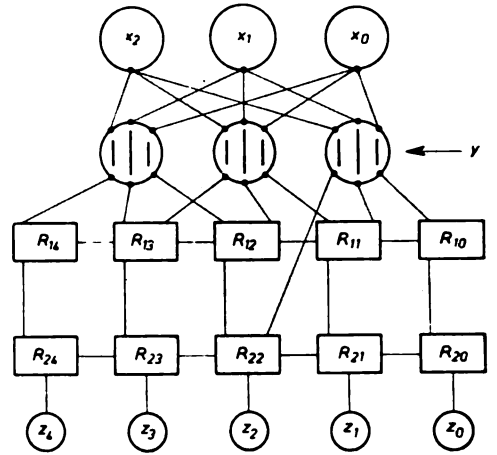


Bild 6. Duale Relais-Multiplikation.

$y_0$  auch noch  $x_1$  oder  $y_1$  geschaltet, so verlöscht  $s_1$ , aber leuchtet auf; mathematisch:

$$x_1 x_0 + y_0 = s_2, \text{ d. h. } (2^1 + 2^0) + 2^0 = 2^2 \text{ oder } 11 + 1 = 20$$

$$x_0 + y_0 y_1 = s_2, \text{ d. h. } 2^0 + (2^1 + 2^0) = 2^2 \text{ oder } 1 + 11 = 20$$

Schließlich kann auch der Fall betrachtet werden, daß  $x_1, y_1, y_0$  alle zugleich eingelegt sind. Dann leuchten  $s_2$  und gemäß der dualen Beziehung  $11 + 11 = 110$ . Bei  $n$  der gezeichneten Aggregate werden zwei  $n$ -zifferige Dualzahlen addiert, während mehrere  $n$ -stellige Dualzahlen durch entsprechend viele  $n$ -zählige Sätze addiert werden können (vergl. Bild 5). Prinzipiell können auch zwei  $n$ -stellige Dualzahlen mit  $(n - 1)$  Relaisätzen multipliziert werden. Hier könnte der Multiplikator ziffernweise als  $n$ -poliger Schalter ausgeführt sein. Das Prinzipschema in Bild 6 ist zu schwer zu lesen.

Das bereits erwähnte Gerät Z 4 von K. Zuse [5, 6] ist aufgebaut aus 2200 Fernmelderelais, einem mit rein mechanischen Schaltgliedern arbeitenden Speicher für 64 Dualzahlen und 21 Drehwählern, die stetig wiederkehrende Operationen wie beim Dividieren, Wurzelziehen, Multiplizieren

bracht wird, wobei  $n$  ganzzahlig zwischen  $-64$  und  $+64$  und  $z$  ein Faktor zwischen  $1$  und  $2$  mit  $23$  Dualstellen, d. h. etwa  $7$  Dezimalstellen ist. Es können also Dezimalzahlen zwischen  $10^{-20}$  und  $10^{+20}$  benutzt werden. Der Rechenplan wird durch ein besonderes Planwerk auf gewöhnlichem Kinofilm gelocht. Die Resultate werden zugleich durch Lampen angezeigt und durch die vom Rechenwerk betätigten Zugmagnete von einer elektrischen Schreibmaschine aufgezeichnet. Eine Addition dauert etwa  $0,5$  s, eine Multiplikation etwa  $2,5$  s, während Divisionen und Quadratwurzeln rund  $5$  s erfordern. Das Einbringen und Ablesen von gespeicherten Zahlen dauert  $\frac{1}{2}$  s. Bild 7 zeigt das ganze Gerät.

Eine andere Großrechenmaschine ist der „Mark II Calculator“, welcher an der Harvard-Universität von Allen gebaut wurde.

**5. Elektronische Rechenautomaten**

Bei den elektronischen Rechengernäten, die, abgesehen von den besonderen Eigenheiten, prinzipiell genau so gebaut sind wie im Vorstehenden, treten an die Stelle der elektromagnetischen Relais elektronische Aggregate; diese auf der Kernphysik beruht die Zählung von  $\alpha$ -Teilchen schon umgekehrten Unterseiter arbeiten nach dem in Bild 8 gegebenen Schema. Zwei Elektronenröhren sind zwischen Gitter und Anode kreuzweise durch RC-Glieder verbunden. Wenn Röhre I leitend ist, liegt an ihrer Anode ein kleines Potential, so daß das Gitter der Röhre II vermöge der Kreuzverbindung negativ ist; II sperrt also und hat an der Anode ein hohes Potential, welches am Gitter I positive Spannung bewirkt, so daß I leitet. Der Zustand ist daher wirklich stabil. Trifft nun ein positiver Stromstoß auf Gitter II, so wird Röhre II leitend. Der plötzliche Potentialabfall an ihrer Anode macht nunmehr Gitter I negativ, so daß Röhre I jetzt sperrt. Verbindet man eine der Röhren mit einer Glühlampe, so ist auch hier wieder das „Einsus“-System verwirklicht. Werden mehrere dieser Aggregate hintereinandergeschaltet, so wird in jeder Stufe die

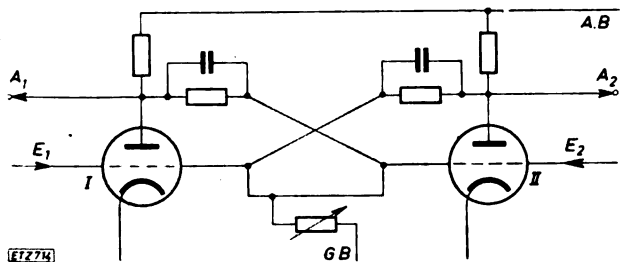


Bild 8. Elektronisches Relais.

älteste der ankommenden Impulse unterdrückt, während die andere Hälfte weitergegeben wird. In jeder Stufe ist so die Zahl der registrierten Stromstöße durch eine Potenz von 2 gegeben. Daraus folgt, daß auch hiermit eine vortreffliche Möglichkeit zur Darstellung von Dualzahlen gegeben ist. Die prinzipiellen Schaltungen sind natürlich denjenigen bei elektromagnetischen Relais gleich. Allerdings sind die Umschaltzeiten

in solchen elektronischen Relais wesentlich kürzer als bei den mechanischen. Sie machen mit den nach Mikrosekunden zählenden Größenordnungen selbstverständlich alle mechanischen Schaltglieder illusorisch. Man verwendet daher elektronisch funktionierende Schalter mit Pentoden nach Bild 9. Die in E ankommenden Impulse werden auf den Anodenstrom übertragen, wenn bei S eine Spannung liegt, die das Gitter positiv macht. Im negativen Falle sperrt die Röhre. Diese elektronischen Schalter werden vom Kommandowerk gesteuert und entsprechend dem Rechenplan zur Zusammenschaltung der Rechen- und Speicherwerke betätigt.

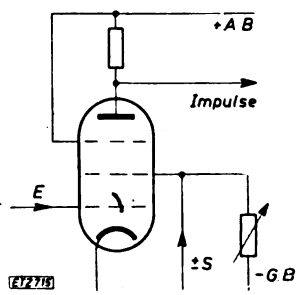


Bild 9. Elektronischer Schalter.

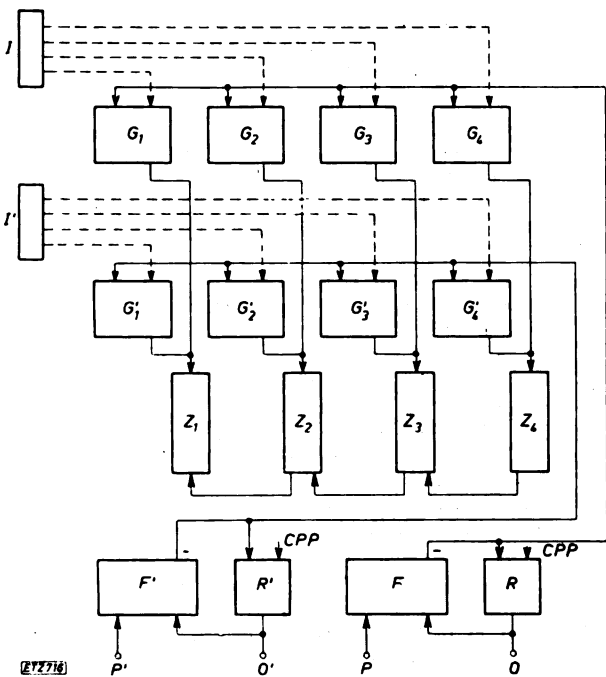


Bild 10. Zusammenschalten zweier Speicher.

Der wohl bekannteste der elektronischen Großrechenmaschinen ist der ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) der von Mauchly und Eckert an der Moore School (Pennsylvania-Universität) ursprünglich für ballistische Zwecke entwickelt wurde (1942). 18 000 Röhren, 70 000 Widerstände, 500 000 Lötstellen, 10 000 Kondensatoren, 40 Schaltkästen charakterisieren diese auf  $135 \text{ m}^2$  Raum untergebrachte Riesenanlage mit  $150 \text{ kW}$  Strombedarf und  $30 \text{ t}$  Gesamtgewicht. Das Herz dieses im Dezimalsystem arbeitenden Automaten ist ein Hochfrequenzoszillator, der in jeder Sekunde  $100\,000$  Impulse von je  $2 \cdot 10^{-6}$  s Dauer zur Betätigung der elektronischen Relais erzeugt. Die Impulsfolge ist aufgeteilt in Zyklen von  $20$  Impulsen, also Impulsgruppen von insgesamt  $200 \mu\text{s}$ , die durch einen Schlußimpuls (CCP = Central Program Pulse) abgeschlossen werden. Dieser Impulszyklus bildet die sog. Additionszeiteinheit, in der  $2$  Zahlen addiert werden können. Demnach können in  $5 \text{ min}$  über  $10 \text{ Mio.}$  Additionen, in  $1 \text{ s}$   $300$  Multiplikationen oder die  $5000$ . Potenz einer  $5$ stelligen Zahl gerechnet werden. Die Eingabe der Befehle, konstanter Werte und Funktionen erfolgt ebenso wie die Entnahme der Resultate mit elektromechanisch hergestellten Lochkarten. Die  $20$  Speicher- und Zählwerke sind rein elektronisch. Die Speichervirkung kann man sich so vorstellen, daß beim Schließen eines elektronischen Schalters die ringförmig zusammengeschlossenen Schaltglieder nach Bild 8 mit den  $10$  Ziffernaggregaten einer Stufe durch die ankommenden Impulse einmal im Kreise herumgeschaltet werden; beim Durchgang durch 9 schließt sich ein weiterer Schalter, so daß die Impulse nunmehr an die nächste „Adresse“ weitergegeben werden, in einer Zahl also, die der gespeicherten genau gleich ist. Das Zusammentreffen und Verbinden zweier Zahlen I und I' werde an Bild 10 erläutert: Normalerweise sind sie voneinander und den Zählrängen  $Z_1, Z_2, \dots$  durch die elektronischen Schalter  $G_1, G_2, \dots, G'_1, G'_2, \dots$  nach Bild 9 getrennt. Trifft nun ein Programmimpuls in P ein, so löscht ein Relais F nach Bild 8 die rechte Röhre, die nun infolge ihres hohen Potentials die Gitter der Stromtore  $G_1, G_2, \dots$  positiv lädt, den Weg von I in die Zählränge  $Z_1, Z_2, \dots$  also freigibt. Gleichzeitig ist der Schalter R geschlossen, so daß auf diesem Wege der nächste Programmimpuls das Relais F und damit die Tore  $G_1, G_2, \dots$  wieder abschalten kann. Über R geht noch ein Weg O, der die nächste Operation an anderer Stelle nach dem Eintreffen des bezüglichen Befehls einleitet. Ebenso kann nun gleichzeitig der Befehlsimpuls in P' über F' und G' die Zahl I' zugleich mit I nach  $Z_1, Z_2, \dots$  leiten, wodurch ihre Addition ermög-

licht wird. — Die Erörterung von Einzelheiten, die über die vorstehenden prinzipiellen Vorgänge hinausgehen, kann im Rahmen dieser kurzen Darstellung natürlich nicht möglich sein.

Ebenfalls elektronisch arbeitet der SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator), der 1948 von der IBMC (International Business Machines Corporation) in Betrieb genommen wurde. Wie beim ENIAC werden auch hier die arithmetischen Operationen mit elektronischen Aggregaten durchgeführt, während für die Speicherung elektronische Elemente zugleich mit elektromagnetischen Relais und breiten Lochstreifen aus Papier benutzt werden.

Hierher gehören auch die neueren Entwicklungen, z. B. EDVAC (Elektronic Discrete Variable Automatic Calculator) an der Moore School (Pennsylvania), der UNIVAC und BIVAC der Eckert-Mauchly Computer Corporation Philadelphia, und der Mark III-Computer von Aiken, Harvard-Universität, ferner die englischen Maschinen ACE (Automatic Computing Engine) von Womersley-Wilkinson-Hartree und EDSAC (Elektronic Delayed Selective Automatic Computer) von Wilkes-Hartree in Cambridge. Sie sind besonders gekennzeichnet durch besondere Speichereinrichtungen, die wir im Folgenden noch kurz beschreiben.

Neuerdings wurde ein elektronisch gesteuertes Addier- und Multipliziergerät, welches unabhängig von den amerikanischen Systemen von Sprick entwickelt wurde, bei der Schleswig-Holsteinischen Landesbrandkasse in Kiel in Betrieb genommen. Das mit 250 Elektronenröhren und einer Anzahl von elektromagnetischen Relais versehene, relativ kleine Aggregat ist mit einer Powers-Lochkartenmaschine gekoppelt. Während des Weiterschaltens der Lochkartenmaschine, aus der durch Abtastung die erforderlichen Daten übertragen werden, berechnet das elektronische System die Höhe des Beitrages usw. und gibt das Ergebnis zum Abdruck an die Lochkarteneinrichtung zurück. Die Multiplikationsgeschwindigkeit beträgt etwa 0,1 s.

**6. Speicheranlagen**

Bei der akustischen Speicherung bedient man sich einer mit Quecksilber gefüllten Röhre, die an beiden Enden durch einen Kondensator mit einem Quarzkristall als Dielektrikum verschlossen ist (Bild 11). Ein bei E ankommender elektrischer Impuls wird durch den Quarz in eine Ultraschallwelle umgesetzt, die durch das Quecksilber hindurchläuft und vermö-

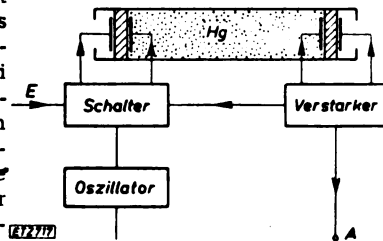


Bild 11. Akustischer Speicher.

ge der Deformation des rechten Quarzes einen Ladungsimpuls im rechten Kondensator erzeugt. Dieser wird nach E zurückgeleitet, so daß sich das Spiel beliebig oft wiederholen kann, solange, bis bei Bedarf der Impuls schließlich in A für den nächsten Rechenschritt wieder abgenommen werden kann. Das Fassungsvermögen dieser akustischen Strecken ist außerordentlich; besondere Einrichtungen sorgen für zeitliche Konstanz der Impulsgruppen und ihre Verzerrungsfreiheit. Hiermit arbeitet z. B. der EDSAC.

In ähnlicher Weise eignet sich auch (Bild 12) eine Braunsche Röhre, bei der die Elektronenstrahlen nicht nur Helligkeit auf dem Leuchtschirm, sondern auch Potentialunterschiede auf einer außen angebrachten Metallplatte bewirken. Die bei E ankommenden Impulse treffen auf das Gitter,

steuern die Intensität des Elektronenstrahls und damit den Spannungsimpuls an der äußeren Metallplatte; dieser wird nach E zurückgeleitet, so daß ein Impuls viele Male im Kreise herumläuft, bis er schließlich bei A abgenommen und dem Rechenprozeß wieder zugeführt wird. Auch hierbei ist die Speicherkapazität außerordentlich groß, da mit Hilfe der Ablenkplatten „geschrieben“ werden kann.

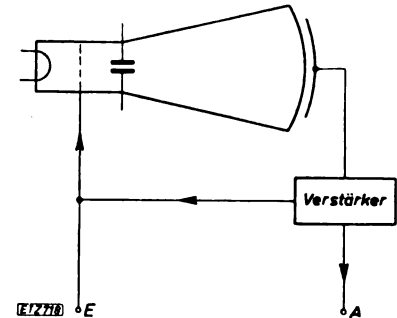


Bild 12. Speicherung mit Braunscher Röhre.

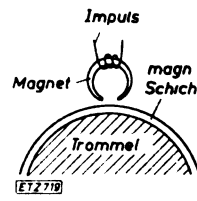


Bild 13. Magnetische Speicherung.

Eine beim Mark III verwirklichte Speicherung benutzt rotierende Aluminiumzylinder (6900 U/min) von 20 cm Durchmesser und 1 m Länge, deren Mantel mit einer magnetisierbaren Schicht besetzt ist. Das „Schreiben“ erfolgt derart, daß durch die Wirkung eines Elektronenstrahlens unterhalb seines Luftspaltes auf der Trommel ein magnetischer Dipol erzeugt (Bild 13). Das Ablesen geschieht durch Magnetköpfe, in deren Spulen beim Passieren eines Dipols ein Spannungsimpuls entsteht; dieser wird verstärkt und dem Rechenwerk zugeführt. Beim Mark III sind 4390 Speicherzellen auf 8 Trommeln untergebracht, deren Inhalt nach Aufruf innerhalb 5 ms im schnellen oder 50 ms im langsamen Speicher verfügbar ist.

**7. Aufgabenkreis der Großautomaten**

Der Literatur entnehmen wir die hauptsächlichsten Anwendungsgebiete [3]. Prinzipiell lassen sich alle mathematischen Aufgaben lösen, die auf numerische Berechnung zurückgeführt werden können, also in der Mathematik etwa die Tabulierung formelmäßig gegebener Funktionen (z. B. Bessel-Funktionen), Lösung von linearen Gleichungssystemen, Aufsuchen der Nullstellen von Polynomen, Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen, partielle Differentialgleichungen u. ä. Wesentlich größer ist der Aufgabenkreis in Physik, Astronomie, Technik, Meteorologie usw. Hier werden genannt: Astronomische Vorausberechnungen (Nebulä-Körper-Problem der Himmelsmechanik), hydromechanische Fragen der Turbulenz, aerodynamische Fragen bei Überschallgeschwindigkeiten, Berechnung komplizierter optischer Systeme, quantenmechanische Rechnungen in der Atom- und Molekularphysik, chemische Kinetik, Erscheinungen bei tiefen Temperaturen, Strahlungsprobleme der Sterne, Berechnung von Kernreaktoren, Bahnberechnung der Elementarteilchen bei den Beschleunigern hoher Energie. Es ist kein Zweifel, daß der Umfang ähnlicher Aufgaben in Zukunft noch größer wird und, wie es in Amerika schon erkannt ist, auch von der Praxis in der Technik her mitbestimmt wird.

**Schrifttum (Auswahl)**

[1] Wilkes: The ENIAC. Electron. Engng, 19 (1947) April, S. 100.  
 [2] Hartree: Calculating Instruments and Machines. University of Illinois Press, Urbana 1949.  
 [3] Richtmyer-Metropolis: Moderne Rechenmaschinen. Phys. Bl. 1 (1950) S. 11.  
 [4] Walther: Mathematisches Denken und mathematische Geistes ihrer gegenseitigen Beeinflussung. Math.-Phys. Sem. Ber. I, 34 (1950) S. 169.  
 [5] Stücken: Programmgesteuerte Rechenmaschinen in Deutschland. Phys. Bl. 4 (1950) S. 166.  
 [6] Speiser: Das programmgesteuerte Rechengerät an der ETH Zürich. Techn. d. NNZ, Nr. 1796 (1950) August.

## Konstruktiver Aufbau von NF-Verstärkern für Studioeinrichtungen

(Mitteilung aus dem Rundfunk-Technischen Institut, Nürnberg)

Von Hans Schlessler und Heinrich Gathmann, Nürnberg

DK 621.396.64.029.4.002.2

Studioverstärker haben in erster Linie die Aufgabe, die vom Mikrophon mit einem Pegel von etwa  $-60$  db unter  $1,775$  V abgegebene Tonfrequenzspannung auf den Funknormalpegel von  $+6$  db zu verstärken. Daneben werden in den Funkhäusern Leistungsverstärker zur Verstärkung des Normalpegels auf die für Schallaufzeichnungsgeräte und Abhörlautsprecher erforderliche Leistung von mehreren Watt, Trennverstärker zur Sicherung des Übertragungsweges, Verstärker für Aussteuerungs-Kontrolleinrichtungen, für die Betriebsüberwachungs- und Meßtechnik, für Gegensprechanlagen zwischen Studios und Regieräumen, sowie Kontrollempfänger und Generatoren für Pegelton, Pausenzeichen und Kennmodulation benötigt.

Der konstruktive Aufbau dieser Geräte hat sich in den vergangenen 25 Jahren Rundfunkbetrieb beträchtlich gewandelt, wie am Beispiel des Mikrophonverstärkers als typischem Studioverstärker gezeigt werden soll.

Für die anfänglich benutzten Kohlemikrophone mit großer Ausgangsspannung war nur eine geringe Verstärkung erforderlich. Die Einführung der unempfindlichen Quertrommikrophone forderte höhere Verstärkungsgrade, ebenso wie die Einfügung von Regel- und Mischeinrichtungen, die bei gleichzeitigem Einsatz mehrerer Mikrophone erforderlich wurden. Die ab 1930 verwendeten Kondensatormikrophone wiesen neben nochmals verringerter Empfindlichkeit einen sehr hohen Quellwiderstand auf, der längere Anflußleitungen unmöglich machte. Aus Gründen der Handlichkeit wurden Kondensatormikrophon und erste Verstärkerstufe zu einer konstruktiven Einheit zusammengefaßt, die aus Batterien gespeist wurde. Die Hauptverstärker mit  $60$  db Verstärkung in Tischausführung wurden zentral in einem Verstärkerraum aufgestellt und gemeinsam aus Batterien gespeist.

Ansteigende Sendezeiten und vermehrter Probenbetrieb erhöhten die Zahl der benötigten Verstärker so, daß raumsparende und übersichtlichere Anordnungen notwendig wurden. Der beträchtliche Verstärkungsgrad forderte zu jener Zeit eine Unterteilung der Verstärker in Einzelstufen mit geeigneten Abschirmgehäusen, die in einen Rahmen eingebaut wurden. Diese Rahmen wurden federnd und freistehend in einem hinten zugängliche Gestelle eingesetzt. Die Betriebsanordnungen wurden aus räumlich entfernt untergebrachten Einzelstromversorgungs-Geräten entnommen.

Die Verstärkungsregelung dieser Hauptverstärker bereitete bald Schwierigkeiten: Bei Regelung am Verstärkeringang war bei kleiner Mikrophonspannung das Störgeräusch zu hoch, bei Regelung am Verstärkerausgang und höheren Mikrophonspannungen der Klirrfaktor. Das führte zur Aufteilung des Hauptverstärkers in einen A- und B-Verstärker; Regel- und Mischeinrichtungen lagen zwischen beiden. Die A-Verstärker wurden bald in Gestellen in dem Re-

gieraum untergebracht, in dem sich der Regietisch mit den zugehörigen Reglern befand. Die B-Verstärker verblieben zunächst noch im Hauptverstärkerraum, wurden jedoch später ebenfalls in den einzelnen Regieräumen untergebracht (dezentralisierter Betrieb).

Die A- und B-Verstärker waren ursprünglich unterschiedlich in Schaltung und Abmessungen und wurden erst später vereinheitlicht<sup>1</sup>. Zur gleichen Zeit wurde die Gestellbreite von  $500$  mm aus den damals gebräuchlichen Werten ausgewählt und eine feste Höhenreihe für die Frontplatten der Gestellverstärker festgelegt. Die Verstärker waren in Paneelbauweise konstruiert (Bild 1). Die verwendeten kommerziellen Röhren waren aus Gründen der Zugänglichkeit und besseren Wärmeabfuhr auf der Frontplatte untergebracht, die auch Meßbuchsen oder Anzeigeinstrumente für die Emissionsüberwachung enthielt. Der große Leistungsbedarf der kommerziellen Röhren bedingte noch Stromversorgung aus Einzel-Netzanschlußgeräten, die aber bereits im gleichen oder zusammengefaßt im Nachbargestell untergebracht werden konnten. Aus der Fernsprechtechnik wurde die dort übliche Verdrahtungsart in Kabelbäumen übernommen, die zusammen mit der Anordnung von Bauteilen gleicher Abmessungen (Widerstände, Kondensatoren) in Reihen einen übersichtlichen Aufbau ergaben. Die Anordnung von Schalter, Sicherung und Kennlampe am Netzteil wurde vereinheitlicht und die Kennlampe am Verstärker wiederholt. Verstärkerein- und ausgänge wurden nach Pegeln getrennt auf Schaltfeldklinken im gleichen Gestell gelegt. Die Gestellverdrahtung wurde an die Verstärker über Schraubklemmleisten angeschlossen.

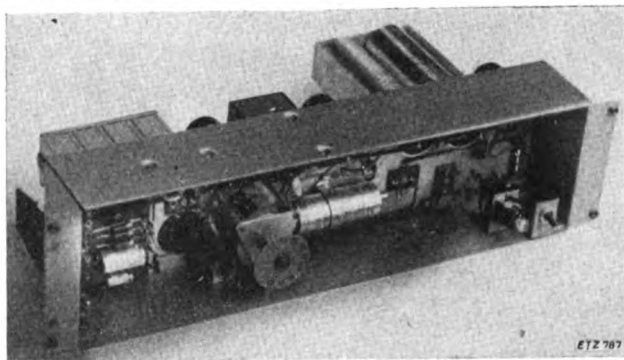


Bild 2. Mikrophonverstärker V 41 mit eingebautem Netzteil in Wannenbauweise (1943), (Frontplatte abgenommen).

Mit den Fortschritten der Röhrentechnik und der Einführung von Gegenkopplungsschaltungen wurde die Verwendung von Rundfunkröhren in Studioverstärkern möglich. Ihr geringer Leistungsbedarf gestattete die Zusammenfassung von Verstärker und Netzteil zu einer konstruktiven Einheit, zumal inzwischen auch wesentlich kleinere Bauelemente, z. B. in Gestalt von Elektrolytkondensatoren oder Übertragern mit hochpermeablen Blechen zur Verfügung standen. Auf eine unmittelbare Zugänglichkeit der Röhren konnte verzichtet werden. So entstand die Wannenbauweise, bei der unter Fortfall der bisher üblichen Abdeckhaube Röhren, Übertrager und andere große Bauelemente auf der Rückseite berührungssicher angeordnet wurden und die gesamte Schaltung nach Abnehmen der Frontplatte von vorn auch im Betrieb zugänglich war (Bild 2). Die Verdrahtung in der Wanne wurde als Freiverdrahtung durchgeführt, wobei kleinere Schaltelemente häufig unmittelbar in den Leitungszug eingelötet wurden. Die damit verbundene Herabsetzung der Schaltkapazitäten kam der Forderung nach einem erweiterten

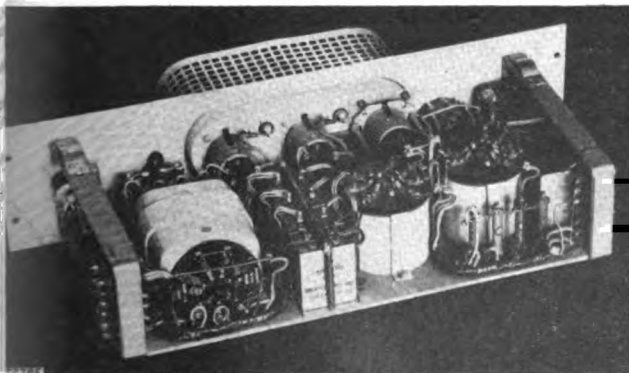


Bild 1. Mikrophonverstärker V 40 in Paneelbauweise (1938) (Schutzhaube abgenommen).

<sup>1</sup> Schlichtweg: Ein neuer Vor- und Hauptverstärker der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. Elektr. Nachr.-Techn. 19 (1942) S. 90.



Übertragungsbereich entgegen. Die elektrische Verbindung zwischen Verstärker und Gestellverdrahtung geschah nach Einschrauben der Verstärker ins Gestell durch Aufstecken von losen Mehrfachsteckern auf die im Verstärker fest angebrachten Steckbuchsleisten. Ein Bedürfnis nach Verwendung der damals bereits für andere Zwecke benutzten Einschubkonstruktionen bestand zunächst noch nicht.

Die immer umfangreicher werdenden Verkabelungen zwischen Regietisch oder Schallaufzeichnungsgeräten und den dazugehörigen Verstärkern bedingten lange Bauzeiten für die technischen Räume, die nach dem Krieg wieder erstellt werden mußten. So entstand der Wunsch nach weiterer Dezentralisierung und Unterbringung der Verstärker unmittelbar am Verwendungsort. Eine weitere Verkleinerung der Bauelemente ermöglichte die Verminderung der Verstärkerhöhen, so daß diese bei kleineren Anlagen unter Beibehaltung der Wannbauweise in den Seiten- oder Fußteilen der Geräterische untergebracht werden konnten, nachdem die Klingsicherheit der Röhren verbessert worden war. Da bei dieser Einbauweise die Verstärkerrückseite unzugänglich war, wurden diese zunächst in Schwenk- oder Klapprahmen eingebaut.

Die nach dem Kriege wieder aufgenommene Normenarbeit an Einschüben nach DIN 41490 veranlaßte den Übergang zu dieser Bauweise, wobei der Rundfunk auch die Gestellbreite von 520 mm übernahm. Ein zusätzlich eingebauter Verriegelungsmechanismus ermöglicht ein schnelles Auswechseln der Verstärker ohne Werkzeug. Durch die feste Anbringung von Kontaktleisten erfolgt eine selbständige Kontaktgabe beim Einschieben der Verstärker. Die Anbringung einer Verschlüsselung verhindert den Einschub falscher Verstärkertypen. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit wird die Wannbauweise mit abnehmbarer Frontplatte bei den wichtigsten Verstärkertypen beibehalten. Entsprechend der größeren Bautiefe der Einschubkonstruktionen konnte die Bauhöhe der Verstärker in vielen Fällen nochmals vermindert werden. Mit dieser Konstruktion wurde die Verwendung von Klapp- oder Schwenkrahmen wieder entbehrlich.

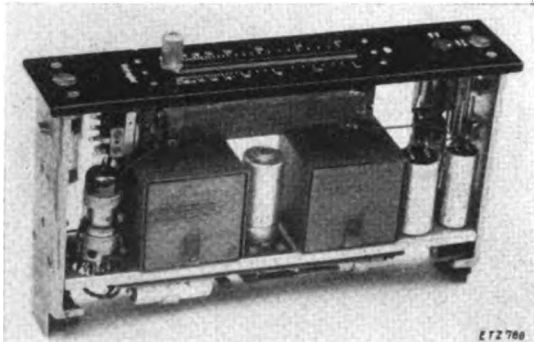


Bild 3. Mikrophonverstärkereinheit, mit Schichtregler kombiniert (1951) (Entwicklung RTI).

Der gestellose Aufbau von Verstärkern in Einschubkonstruktion hat sich in Schallaufnahmen und kleineren Regietischen wegen der damit verbundenen Kostensenkung durch Leitungseinsparung, wegen der Möglichkeit, die komplette Verkabelung vor baulicher Fertigstellung der technischen Räume in der Werkstatt herzustellen und zu prüfen, und wegen des architektonisch befriedigenderen Eindruckes so bewährt, daß diese Bauweise auch bei Regietischen größeren Umfangs angewendet werden sollte. Die große Anzahl der z. B. in einem Hörspielstudio oder bei Zweiteilung des Modulationsweges für Mittelwellen- und UKW-Sendung erforderlichen Mikrophonkanäle macht jedoch die Unterbringung der zugehörigen Verstärkereinheiten in dieser Bauweise unmöglich. Zudem zeigte sich, daß von den häufigst verwendeten Verstärkertypen selbst der bei der kleinsten Bauhöhe von 66 mm zur Verfügung stehende Raum nicht ausgenutzt wurde. Es lag daher der Gedanke nahe, mehrere Verstärkereinheiten in einem Einschub unterzubringen. Da sich auch zeigt, daß der Verstärkungsgrad der bisher benutz-

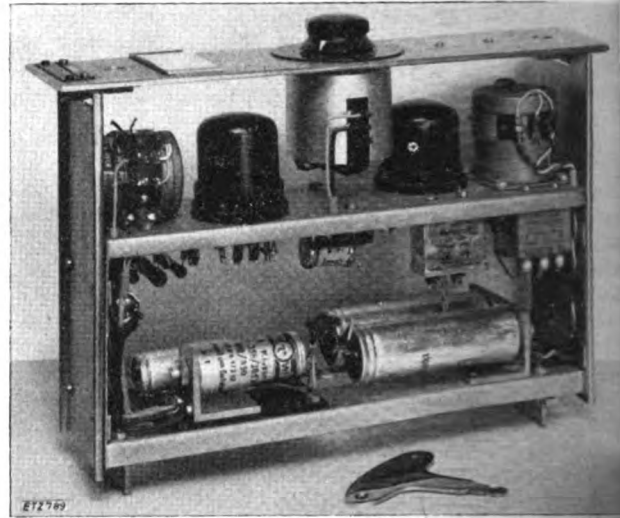


Bild 4. Mikrophonverstärkereinheit mit Grobstufenregler (1951) (Entwicklung RIAS/v. Malotki).

ten Anordnung (A-Verstärker vor und B-Verstärker nach dem Reglerfeld mit je 60 db Verstärkung) unnütze Reserve enthielt, erschien es nach grundsätzlichen Überlegungen zweckmäßig, drei Verstärkereinheiten von je 34 db Verstärkung vor dem Mikrophonregler, zwischen Mikrophon- und Hauptregler und nach dem Hauptregler vorzusehen. Damit ist allerdings eine Erhöhung der Zahl der benötigten Verstärkereinheiten verbunden. Für ein Reglerfeld von 5 Mikrophonreglern und 1 Hauptregler wurden bisher 5 A-Verstärker und 1 B-Verstärker benötigt, während jetzt außer 5 Mikrophonverstärkern 1 Zwischenverstärker und 1 Endverstärker erforderlich werden. Demgegenüber gestattet die Herabsetzung der Verstärkung jeder Einheit auf 34 db mit zwei anstelle der bisher benötigten drei Röhren auszukommen, so daß insgesamt 14 statt 18 Röhren erforderlich sind. Der Raumbedarf der einzelnen Einheiten beträgt etwa 20% des bei der kleinsten Bauhöhe von Einschubverstärkern zur Verfügung stehenden Volumens. Damit besteht die Möglichkeit, auch bei umfangreicheren Anlagen sämtliche Verstärker im Regietisch unterzubringen.

Von den Entwicklungsstellen des Rundfunks wurden die verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten derartiger Einheiten untersucht und einige Regietische zu Erprobungszwecken mit derartigen Geräten ausgerüstet.

Bild 3 zeigt eine Lösungsmöglichkeit, bei der der Verstärker und ein Regler zu einer konstruktiven Einheit zusammengefaßt sind. Sie wurde durch die Entwicklung eines raumsparenden Schichtreglers möglich und stellt eine sehr günstige Lösung im Hinblick auf die Raumaussnutzung dar. Sie erfordert zwar verschiedene Ausführungen für die drei Verwendungszwecke der Einheit, gestattet dafür eine Angleichung der Schaltung an die speziellen Pegelverhältnisse.

Aus betrieblichen Gründen wird man vermutlich einer Einheitsausführung für alle drei Anwendungszwecke den Vorzug geben. Bild 4 zeigt eine solche Verstärkereinheit, deren Frontplattenabmessung der der Flachregler entspricht und die einen Grobstufenregler zur Anpassung des Verstärkungsgrades an die jeweiligen Betriebsbedingungen enthält.

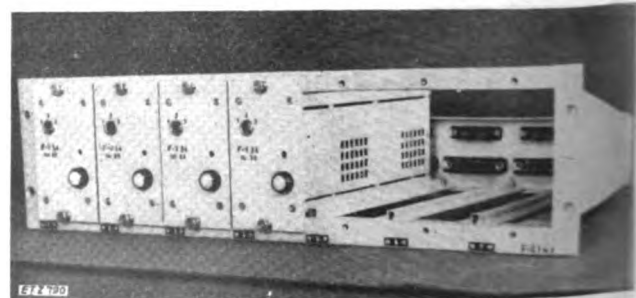


Bild 5. Mikrophonverstärkereinheiten mit eingebautem Netzteil in Einschubgestell (1951) (Entwicklung SWF).

\* Peters: Neue Requiteinrichtungen für Funkhäuser. Techn. Hausmitt. NWDR 3 (1951) S. 98.



Im Regietisch wird ein solcher Verstärker zweckmäßig hinter dem dazugehörigen Mikrofonregler angeordnet, so daß eine sinnfällige Beziehung zwischen den zusammengehörigen Geräten besteht.

Die beiden gezeigten Geräte werden aus getrennt angeordneten Zentralstromversorgungsgeräten gespeist, es ist doch ebenso Einzelspeisung aus einem in der Einheit selbst hergebrachten Netzteil durchführbar, da die Raumschwierigkeiten bei Verwendung von Trockengleichrichtern wegen des Fortfalls der Heizleistung für eine Gleichrichterröhre beherrschbar sind. Bild 5 zeigt derartige Verstärkereinheiten in Einschubkästen innerhalb eines Einschubgestellrahmens angeführt. Dem Vorteil der Zentralstromversorgung — geringerer Aufwand, da Einzelstromversorgungen für die hier benötigten Leistungen stets überdimensioniert sind, und geringere Brummgefahr, da die Stromversorgungsteile in genügender Entfernung von Tonfrequenzübertragern angeordnet

wiederum in einem Normeinschub eingebaut werden, wird ebenso wie die Frage der günstigsten Stromversorgung durch die laufenden Untersuchungen in Kürze geklärt werden. In jedem Falle wird eine für die Rundfunkgesellschaften einheitliche universell verwendbare Lösung angestrebt.

Bild 6 zeigt die Anordnung derartiger Verstärkereinheiten in einem großen Regietisch mit zwei Sendestraßen mit je 5 Mikrofonkanälen, Hauptregler und Senderendregler<sup>3</sup>. Trotz der Vielzahl der Kanäle bleibt auf dem Regietisch noch genügend Platz für Aussteuerungsmesser, Signal-, Gegensprech- sowie Abhöreinrichtungen. Die Kosten einer derartigen Anordnung betragen etwa die Hälfte der bei Gestelleinbau auftretenden Kosten.

Kleinere Verstärkereinheiten in Einschubform haben ihre besondere Berechtigung im Übertragungswagen mit seinen beengten räumlichen Verhältnissen, die von hinten zugängliche Gestellanordnung unmöglich machen. Sie werden infolgedessen in den Regietisch des U-Wagens eingebaut, falls dieser nicht mit einem Übertragungsgerät in Kofferform ausgerüstet ist. Diese Übertragungskoffer, die auch für Sendungen aus nur gelegentlich benutzten Sälen häufig verwendet werden, enthalten ebenfalls die für mehrere Mikrofonkanäle benötigten Verstärker, Pausenzeichen- und Aussteuerungsmeßgeräte in Form kleiner Einschübe. In den USA ist die Verwendung derartiger transportabler Regieeinrichtungen in kleineren Funkhäusern üblich, sie sind nach den gleichen konstruktiven Gesichtspunkten ausgeführt und enthalten im allgemeinen einen getrennt angeordneten zentralen Stromversorgungsteil. Gestellanordnung von Studioverstärkern gehört in den USA zu den Ausnahmen.

In den Strahleranlagen der Rundfunksender, in den Verstärkeranlagen für Weitverkehrstelephonie und bei der kommerziellen drahtlosen Nachrichtenübermittlung ist im Gegensatz dazu die Anordnung der Geräte in Gestellbauweise üblich und zwar trotz des im allgemeinen zur Verfügung stehenden Raumes in Einschubbauweise. Die Komplexität der Geräte erfordert hier schnellste Austauschbarkeit zur Beschränkung von Betriebsstörungen auf kürzeste Dauer. Die Zugänglichkeit der umfangreichen Schaltung nach Entfernen der Frontplatte ist hier kaum zu erreichen und die Aussicht einer schnellen Fehlerbehebung in den meisten Fällen gering.

<sup>3</sup> Pösniker: Ein neues Studio. Radio Mentor 17 (1951) S. 118.

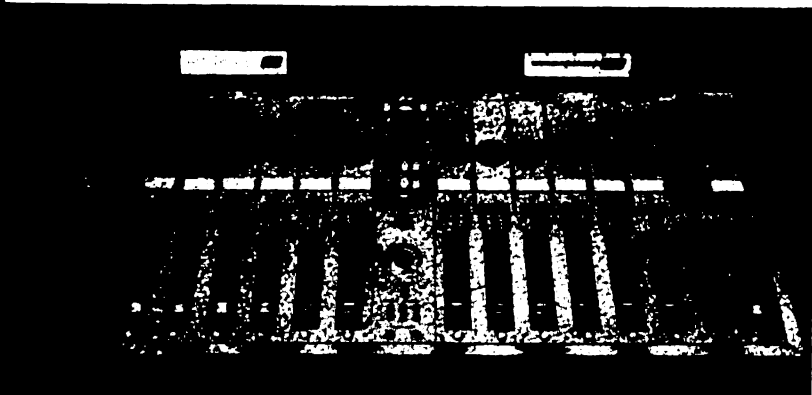


Bild 6. Regietischplatte mit Verstärkereinheiten in gestellloser Bauweise (1951), (Entwicklung RIAS).

werden können und keine Starkstromverdrahtung im Regietisch erforderlich ist — stehen die Vorteile der Einzelstromversorgung gegenüber: Einfachere Verkabelung, keine Übersprechgefahr über den Netzteil, keine Symmetrierungsschwierigkeiten bei Röhrenheizung mit Wechselstrom, kein gleichzeitiger Ausfall mehrerer Verstärkereinheiten bei Störung eines Stromversorgungsgerätes.

Die leichte Austauschbarkeit aller Einheiten ist durch Einschubkonstruktionen mit selbsttätiger Kontaktgabe gewährleistet. Ob die Einheiten in der Ebene des Regietisches oder auf dessen Rückseite zweckmäßiger unterzubringen sind, ob die einzelnen Einheiten in einem Kastengestell oder

## Über ein Beukenmodell kleinster Abmessungen Eine neue Modellmethode für die Wärmeleitforschung\*

Von K.-H. Brokmeier, Dortmund

DK 621.317.39 : 536.2

**Übersicht.** Für die experimentelle Erforschung des nichtstationären Wärmeleitungsgebietes ist das Beukenmodell bekannt. Beuken setzte Wärmeleitwiderstand durch elektrischen Widerstand, Wärmespeicherung durch elektrischen Kondensator. Nachstehend werden auf die liegenden theoretischen Untersuchungen aufbauend Weiterentwicklungen beschrieben, die es erstmalig gestatten, Wärmeleitvorgänge in einem leicht veränderlichen Modell und besonders räumliche Erscheinungen zu untersuchen. Die Modelleinrichtungen werden beschrieben und praktische Beispiele aufgezeigt.

Anwendungsgebiete: Wärmeisolation bei Ofen; Temperaturspiel im Erdboden, in Mauerwerken, in Motoren; Wärmeaustausch; Härtevorgänge; Schwärmung von Ofenchargen, usw.

### Benutzte Bezeichnungen

- C Kapazitätsbelag [F/m]
- G Ableitungsbelag [S/m]
- I Stationärer Strom [A]
- L Induktivitätsbelag [H/m]

- R Widerstandsbelag [ $\Omega$ /m]
- U Stationäre Spannung [V]
- W Wärmestrom [kcal/m<sup>2</sup>h]
- a Temperaturleitfähigkeit [m<sup>2</sup>/h]
- c Konzentration [G/cm<sup>3</sup>]
- c<sub>spz</sub> spez. Wärme [kcal/kp]
- e Index für elektrische Bezeichnungen
- k Diffusionskonstante [h/m<sup>2</sup>]
- t Zeit
- u Augenblickswerte der Spannung
- w Index für Wärmevergänge
- $\theta$  Temperatur [°C]
- $\lambda$  Wärmeleitfähigkeit [kcal/mh °C]
- $\rho$  spez. Gewicht [kg/m<sup>3</sup>]
- $\xi, \eta, \zeta, \gamma, \epsilon$  Modellkonstanten

\* Nach einer Dissertation im Elektrowärmelabor der T. H. Braunschweig, Leiter Prof. Dr.-Ing. Harald Müller.

### I. Analogiemodellverfahren

Die Behandlung der Aufgaben in der Wärmeübergangstechnik ist durch zwei vorherrschende Richtungen gekennzeichnet: die äußerst schwierigen und umständlichen mathematischen Berechnungsmethoden und die Lösungen durch triviale Formeln mit aus langjährigen Erfahrungen gewonnenen „Faustregeln“. Während die mathematische Erforschung des Problems neben ihren vielen Nachteilen durch die komplizierten Rechenmethoden sehr viele vereinfachende Annahmen bedingt, die eine praktische Anwendung erheblich einschränken, ist die Lösung durch „Faustregeln“ in vielen Fällen nur eine recht grobe Annäherung an die wirkliche Klärung der Aufgabenstellung.

Zum Unterschied von vielen technischen und physikalischen Gebieten ist die experimentelle Erforschung des Wärmeströmungsvorganges sehr schwierig und oftmals nicht möglich. Einmal, weil die Probleme zumeist bei dem Originalvorgang studiert werden müssen — zu kleineren Nachbildungen kann man nur selten übergehen — und zum anderen, weil die Versuche verhältnismäßig lange dauern, schwer durchzuführen sind und in den Größenabmessungen kaum verändert werden können. Es ist daher verständlich, daß bedeutende Forscher schon früh bestrebt waren, diese Lücke auszufüllen. Den Ausweg aus diesen Schwierigkeiten bot die Analogiemethode, deren Grundgedanken schon 1845 in einer Arbeit von Kirchhoff auftauchten [1, S. 6].

Die Anwendung der Analogiemethode in der Wärmetechnik blieb und bleibt zunächst auf die Aufgaben der Wärmeübertragung in festen Körpern beschränkt. Eine Ausweitung auf den Wärmeübergang vom festen Körper zu einem flüssigen oder gasförmigen ist leicht möglich; das Studium der Wärmeausgleichvorgänge in Flüssigkeiten, Dämpfen und Gasen aber ist zwar analogiemäßig möglich, u. E. jedoch für praktische Aufgaben zu schwierig und oftmals undurchführbar [1, S. 17/18].

Der Grundgedanke der Analogiemethode geht von der Voraussetzung aus, daß sämtliche Naturvorgänge durch ihre Differentialgleichungen mit den zugehörigen Grenz- und Anfangsbedingungen hinreichend beschrieben sind. Daraus entsteht die Folgerung: Zwei physikalisch verschiedene Vorgänge, denen die gleichen mathematischen Gesetzmäßigkeiten zugrundeliegen, werden bei gleichen Anfangs- und Grenzbedingungen auch gleichartig verlaufen.

Das Studium der Wärmeströmungsvorgänge in festen Körpern durch die Analogiemethode gelang zuerst für den stationären Zustand, indem die Wärmeleitwiderstände durch elektrische Widerstände „ersetzt“ wurden und so das stationäre Wärmeströmungsgebiet durch das elektrische stationäre Strömungsfeld dargestellt wurde.

Das nichtstationäre Wärmeströmungsgebiet wurde von C. L. Beuken erfolgreich aufgegriffen, wobei die im nichtstationären Gebiet auftretende Wärmespeicherung durch elektrische Speicherung in Kondensatoren ihr Analogon fand. Er entwickelte die teilweise schon vorliegenden mathematischen und analogen Erkenntnisse [2, S. 17] zu einer leistungsfähigen Untersuchungsmethode, die in dem nach ihm benannten „Beukenmodell“ ihre Grundlage hat. Es gelang ihm auch, das Gebiet des Wärmeüberganges in das Modell mit einzubeziehen, für das sich durch viele technische Vervollkommnungen ein großes Betätigungsfeld erschloß. Die Grundlage des Untersuchungsverfahrens mit dem Beukenmodell beruht auf der Übereinstimmung der Differentialgleichungen der Wärmeleitung und der Vorgänge in einem idealisierten Kabel [2, S. 16... 22]. Durch Anwendung der Differentialgleichungen gilt die Analogie für das nichtstationäre Wärmeströmungsgebiet. Durch Hinzunahme der Grenz- und Anfangsbedingungen wird der stationäre Fall eingeschlossen, so daß das gesamte Wärmeströmungsproblem in festen Körpern behandelt werden kann. Die beiden analogen Dif-

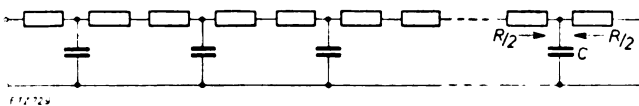


Bild 1. Grundschaltbild des Beukenmodells

ferentialgleichungen lauten

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x_w^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \vartheta}{\partial t_w} \quad (1)$$

für die Wärmeströmung und für das induktionsfreie Kabel

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_e^2} = RC \frac{\partial u}{\partial t_e} \quad (2)$$

Die Temperaturleitfähigkeit  $a$  liegt für die bei elektrischen Ofen gebräuchlichen Isolierstoffe in der Größenordnung von [2, S. 19]  $a = 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ . Unter der Voraussetzung gleicher räumlicher und zeitlicher Bedingungen für beide Strömungen müßten Kapazitäts- und Widerstandsbelag des analogen Kabels betragen [2, S. 19]  $R = 10^4 \Omega/\text{cm}$ ,  $C = 360 \mu\text{F}/\text{cm}$ . Beuken zeigt über die Lösung der Strömungsgleichung für planparallele Wände, daß diese Werte verkleinert werden können, wenn gleichzeitig das Verhältnis zwischen Wärmezeit  $t_w$  und elektrischer Modellzeit  $t_e$  in demselben Maße verändert wird. Er wählt das Verhältnis der Temperaturleitfähigkeit des Ofens zu der des Modells — und damit auch  $t_w/t_e$  — im Durchschnitt zu 20 und geht nur in Sonderfällen auf 400.

Das idealisierte Kabel wird in bekannter Weise durch eine Kabelersatzschaltung dargestellt, das C. L. Beuken in T-Schaltung anordnet. Das Grundschaltbild des Beukenmodells zeigt Bild 1. Die Größenanordnungen der Aufbau- und Widerstandsbelag von  $R = 1,4 \cdot 10^4 \dots 6 \cdot 10^5 \Omega/\text{cm}$  und einer Kapazitätsbelag von  $C = 2,5 \dots 31 \mu\text{F}/\text{cm}$  für die gebräuchlichsten wärmedämmenden und wärmeleitenden Stoffe [2, S. 26].

Für die Kapazität fordert Beuken einen Isolationswiderstand von rd. 10 000 ... 20 000  $\text{M}\Omega/\mu\text{F}$  [2, S. 21].

Der Wärmeübergang wird durch einen Abschlußwiderstand einbezogen, dessen Größe sich aus den allgemeinen Umrechnungen der Wärmeleitwiderstände in Modellwiderstände ergibt.

Die Spannungsquelle für das Modell ist ein von einer Batterie gespeistes Potentiometer. Dadurch kann von Hand für konstanten Modellstrom — entsprechend konstanter Leistung — und andere gewünschte Anfangsspannungen gesorgt werden. Die Spannungen werden mit einem Wechselstrom-Einfadenelektrometer gemessen.

Seit der Entwicklung des Beukenmodells im „Nederlandsch Instituut voor Electrowarmte en Electrochemie“ durch C. L. Beuken im Jahre 1936 haben sich verschiedene Forschungsstätten dieser Modellmethode bedient, wobei die ausgedehnteste Anwendung im eigens dafür geschaffenen „Heat and Mass Flow Analyser Laboratory“ der Columbia-Universität in New York stattfindet, das unter der Leitung von Dr.-Ing. V. Paschkis steht und durch viele Veröffentlichungen von seiner mit Erfolg gekrönten Leistungsfähigkeit Kunde gegeben hat.

### II. Aufgabenstellung

Die Grundlage des Beukenmodells ist die Übereinstimmung der Differentialgleichung der Wärmeleitung und des Vorganges in einem Kabel, das induktionsfrei und abstrahlungsfrei angenommen wird. Diese Annahme ist theoretisch natürlich undenkbar, da jede elektrische Strömung mit einem magnetischen Feld verkettet ist und damit jede Leitung eine gewisse Induktivität hat. Bei mathematischen Betrachtungen können wir jedoch die aus der bekannten Leitungsberechnung bei Annahme von  $L = G = 0$  hervorgehende Differentialgleichung als (idealisierte) Kabelgleichung ansehen, da sie die Vorgänge auf einem Kabel praktisch hinreichend genau beschreibt. Dabei müssen wir nur beachten, daß die durch die Differentialgleichungen auch nur die Kabelaufladungen und -entladungen beschrieben werden.

Die Darstellung dieses idealisierten oder idealen Kabels ( $L = G = 0$ ) durch eine Ersatzschaltung, die in Anwendung an K. W. Wagner [3] auch als Kunstkabel oder künstliches Kabel bezeichnet wird, bedingt Fehlermöglichkeiten. Diese Fehler sind unabhängig von der Versuchsdurchführung durch den Aufbau gegeben. Sie sind also ohne Kenntnis der praktisch immer auftretenden Durchführungsfehler schon vor dem Versuch bekannt und daher theoretisch

tisch bedingt. Gleichermaßen sind auch der endliche Isolationswiderstand und die immer vorhandene Induktivität des Modelles theoretisch bedingte Fehler. Während Beuken sich bemühte, diesen Fehler auf ein Minimum zu beschränken, wollen wir diesen Fehler, der durch die Nichtübereinstimmung der beiden nunmehr anzusetzenden Differentialgleichungen bedingt ist, quantitativ genau untersuchen. Damit erreichen wir zweierlei:

1. Wir werden den Einfluß des Fehlers feststellen können.
2. Wir kennen den Fehler und können durch eine Korrektur das richtige Ergebnis erhalten.

Es läßt sich schon anfangs sagen, daß dieser Fehler um so größer sein wird, je schlechter die Darstellung sich dem idealisierten Kabel annähert. Von verschiedenen Gründen ist es wünschenswert, eine Verkleinerung des Beukenmodells herbeizuführen. Dabei ändert sich das Verhältnis der immer vorhandenen Induktivität und Ableitung zu den Widerständen und Kondensatoren. Mit Hilfe der Fehlerbetrachtungen und ihrer Ergebnisse wird es möglich sein, die Abweichung der Modellversuche von der genauen Lösung anzugeben. Bei gewählten Genauigkeitsanforderungen und damit festliegenden Fehlergrenzen können wir dann entscheiden, ob die vorgesehene Modelldarstellung mit kleineren Größen den gewünschten Ansprüchen genügt. Dieses Verfahren ist solange möglich, wie wir uns bei dem Modellvorgang im Gebiet der Ladungsercheinungen (Diffusionsgebiet)<sup>1</sup> bewegen und die Ergebnisse sich durch die ungenaue Übereinstimmung der Analogieanforderungen nur in ihrer Größe von der wirklichen Lösung unterscheiden, während die Tendenz des Vorganges richtig bleibt.

Sobald wir bei der Modellverkleinerung aber in das Gebiet der Wanderwellenerscheinungen kommen, ist nicht nur die Größe, sondern auch der Verlauf völlig unterschiedlich zur Lösung. Die Grenze der Modellverkleinerung wird daher durch das praktische Auftreten der Wanderwellenerscheinungen in den Ergebnissen der Analogieversuche gegeben<sup>2</sup>.

### III. Fehleruntersuchung

In der vorliegenden Analogiemodelldarstellung treten folgende Fehler auf:

1. In der Wärmetechnik liegt ein zusammenhängender Körper vor, der analogiemäßig durch eine Kabelnachbildung in Form einer  $n$ -gliedrigen R-C-Kette dargestellt wird. Es ist zu untersuchen, wieviele Glieder diese Kette haben muß, damit die Fehler zwischen dem künstlichen und idealen Kabel bei allen Meßmöglichkeiten unter einer festgelegten Fehlergrenze bleiben.

Eine ausgedehnte Rechnung mit Hilfe der von Heisler<sup>3</sup> entwickelte und von K. W. Wagner ausgebauten Operatorenrechnung, die an anderer Stelle eingehend veröffentlicht wird, zeigt, daß die Fehler zwischen dem Strom- oder Spannungsverlauf auf einem idealen Kabel und einer kabelnachbildenden R-C-Kette unterhalb 3% (bezogen auf den stationären Wert) auftreten, wenn die Kette aus mindestens 10 Gliedern besteht.

2. Für die exakte Gültigkeit der Analogie ist ein Kabel mit  $L = G = 0$  Voraussetzung. Praktisch und theoretisch ist diese Voraussetzung physikalisch bedingt niemals zu erfüllen. Als Differentialgleichung für die elektrischen Vorgänge auf einem (wirklichen) Kabel müssen wir zu einer genaueren Untersuchung die Leitungsgleichungen ansetzen:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_e^2} = LC \frac{\partial^2 u}{\partial t_e^2} + (RC + LG) \frac{\partial u}{\partial t_e} + RG u. \quad (3)$$

Die Aufgabe besteht nun darin, zu berechnen, wie groß Induktivitäts- und Ableitungsbelag sein dürfen, damit der dadurch hervorgerufene Fehler gegenüber dem gleichen Gebilde mit  $L = G = 0$  als Analogievorgang zur Wärmetechnik kleiner als ein zulässiger Wert bleibt. Die Berechnung aller nur möglichen Fälle mit Hilfe der Operatorenrechnung

<sup>1</sup> Die Differentialgleichung der Diffusionsvorgänge  $\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = k \frac{\partial c}{\partial t}$  entspricht der Wärmeleitungsgleichung. Die Diffusion kann daher auch so modellmäßig dargestellt werden.

<sup>2</sup> Dieser Gedanke von Prof. Dr.-Ing. Harald Müller gab die Anregung zur Dissertation.

ergibt auf den Lösungen der Differentialgleichungen (2) und (3) fußend, daß, wenn bei normaler Modelldarstellung  $L_{\max} < 10^{-6} \text{ H}$  ist, der durch  $L \neq 0$  und  $G \neq 0$  hervorgerufene Fehler  $\leq 3\%$  ist, wenn  $R^2 C \geq 10^{-4} \Omega \text{ s}$  und  $R_{is} = 1/G \geq 5000 \text{ R} [\Omega]$  gewählt werden.

Bei dieser Berechnung ergibt sich in der genauen Lösung der Differentialgleichung (3), daß die Vorgänge in schnell ablaufende Reflexions- und langsame Diffusionsvorgänge getrennt werden können, d. h. in Wanderwellenvorgänge und Kabelladungen und -entladungen.

3. Es ist einleuchtend, daß die Fehler auch von den Grenzbedingungen abhängen können. Um diese Abhängigkeit rechnerisch untersuchen zu können, ist es zweckmäßig, die Berechnung vereinfachend zuerst auf die Anlegung eines Spannungstoßes an das Kabel zu spezialisieren und dann unter Benutzung dieser Ergebnisse auf eine beliebige Anfangsspannung zu verallgemeinern. Diese Aufgabe ließ sich auf einem einfachen graphischen Wege, der einer späteren Veröffentlichung vorbehalten ist, lösen. Die Lösung ergab, daß die maximalen Fehler beim Spannungstoß auftreten und die darauf aufbauende Betrachtung hinreichend ist.

4. Es ist weiter zu beachten, daß die Randbedingungen berücksichtigt werden müssen. Am Anfang des Kabels ist der Einfluß der Spannungsquelle zu beachten, während am Ende der Kabelabschluß eine Rolle spielen wird. Letzteres schließen wir dadurch ein, daß die beiden Grenzfälle des Kabelabschlusses — Leerlauf und Kurzschluß — zuvor berechnet werden, um dann auf einen beliebigen Endabschluß übergehen zu können. Alle Beeinflussungen wurden außerdem für Strom- und Spannungsverläufe ermittelt und ergaben die oben unter 1. und 2. angegebenen Bemessungsbedingungen.

5. Schließlich ist festzustellen, welche Toleranzen für die beim Aufbau verwendeten Elemente eingehalten werden müssen. Bei dieser Berechnung ergibt sich, daß die Toleranz der Aufbaugrößen (Widerstände und Kondensatoren) bei Spannungsmessungen 2%, bei Strommessungen 1,5% betragen darf, um die Meßergebnisse auf 3% genau zu erhalten.

Sämtliche angegebenen Fehlermöglichkeiten sind schon theoretisch begründet; darüber hinaus gehende Fehlermöglichkeiten beim praktischen Aufbau und der Durchführung sind besonders zu beachten.

Die auf theoretisch-mathematischem Wege erhaltenen Kurven wurden unter Verwendung eines Beukenmodells experimentell bestätigt, wobei sich eine überraschend gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Experiment ergab.

### IV. Das neue Modell, Konstruktion und Anwendung Konstruktionsangaben

Das Analogiemodellverfahren beruht auf der Übereinstimmung der Differentialgleichung der Wärmeleitung in einem festen Körper

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x_w^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial \vartheta}{\partial t_w} \quad (1)$$

mit der des induktions- und ableitungsfreien Kabels

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_e^2} = RC \frac{\partial u}{\partial t_e} \quad (2)$$

Die beiden analogen Gleichungen des stationären Zustandes sind

$$\vartheta = W \cdot R_w [^\circ] \quad (3)$$

$$U = I \cdot R_e [V]. \quad (4)$$

Zur Durchführung von Modellversuchen setzen wir die analogen Größen jeweils in gewisses Verhältnis und benennen.

$$\xi = x_w/x_e [1] \quad (6)$$

$$\eta = t_w/t_e [\text{h/s}] \quad (7)$$

$$\zeta = 1/aRC [\text{h/s}] \quad (8)$$

$$\gamma = \Delta\vartheta/\Delta u [^\circ/V] \quad (9)$$

$$\varepsilon = Q/I [\text{kcal/Ah}]. \quad (10)$$

Durch Einsetzen dieser Verhältnisse in die Differentialgleichung und die Gleichung des stationären Zustandes müssen zur mathematisch-analogen Übereinstimmung Widerstands- und Kapazitätsbelag betragen

$$R = \frac{\xi \varepsilon}{\gamma} \frac{1}{\lambda F_w} \quad [\Omega/\text{m}] \quad (11)$$

$$C = \frac{\xi \gamma}{\eta \varepsilon} c_w \varrho F_w \quad [\text{F}/\text{m}] \quad (12)$$

Zur Kontrolle der Berechnung bestimmen wir  $\xi$  aus Gl. (8) und vergleichen, ob es mit

$$\xi = \eta/\xi^2 \quad (13)$$

übereinstimmt.

Formen wir Gl. (6) um in

$$\xi = x_w/x_e \quad [\text{m}/\text{Glieder}] \quad (14)$$

so bleiben alle Gleichungen unverändert und  $R$  und  $C$  werden als Wert pro Glied des Modelles angegeben.

Gemäß den theoretisch erhaltenen Bemessungsformeln müssen wir folgende Anforderungen bei dem Aufbau der Modelle erfüllen:

1. Die Anzahl der Glieder muß größer oder gleich 10 sein.
2. Der Isolationswiderstand pro Glied muß 5000mal größer sein als der Längswiderstand.
3. Die Aufbaugrößentoleranz muß für Spannungsmessungen kleiner als 2%, für Strommessungen kleiner als 1,5% sein.
4. Mit Rücksicht auf den Induktivitätseinfluß muß  $R^2 C \geq 10^{-4} \Omega \text{s}$  sein.

#### Anwendungsmöglichkeiten

Im Gegensatz zum Beukenmodell bisheriger Ausführung, wo hohe Anforderungen an die Kondensatoren und Widerstände gestellt werden, ist es bei den neuen Modellen möglich, die in der Rundfunkindustrie gebräuchlichen Elemente zu verwenden. Der Übergang zu diesen neuen Modellen bedingt allerdings eine andere Modell- und Untersuchungstechnik. Die Ergebnisse werden nicht mehr durch Instrumentenablesungen ausgewertet, sondern optisch mit Hilfe von Kathodenstrahloszillogrammen. Auf Grund der Erkenntnisse dieser Arbeit wurden mehrere Modelle gebaut<sup>3</sup>.



Bild 2. Temperaturverläufe im Erdboden.

1. H-Modellgerät (mit handelsüblichen Widerständen und Kondensatoren). Hiermit wurden u. a. untersucht: a) Erwärmungsvorgang bei konstanter Innentemperatur, b) Erwärmungsvorgang bei konstanter Heizleistung, c) Erwärmungsvorgang bei Programmregelung, d) Erwärmungsvorgang bei Temperaturregelung, e) Erwärmungsvorgang bei intermittierendem Betrieb, f) Darstellung des Temperaturspieles der Erdbodentemperatur bei periodischem Verlauf der Anfangstemperatur,

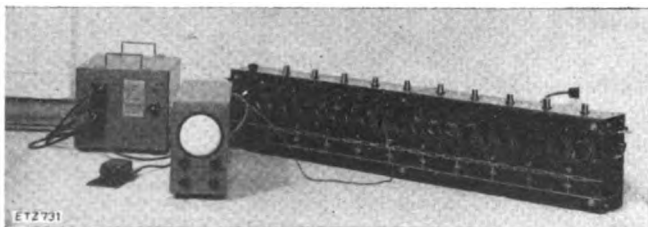


Bild 3. Elektrisches Modell mit veränderlichen Widerständen und Kondensatoren.

Die Untersuchungen a, b und c wurden mit wärmetechnischen Parallelversuchen verglichen und gaben zufriedenstellende Übereinstimmung.

Als Beispiel zeigt Bild 2 die Temperaturverläufe an der Erdoberfläche in 2,9 m; 5,8 m; 9,6 m und 12,8 m Tiefe für einen sinusförmigen Verlauf der Oberflächentemperatur. Eine Periode entspricht 1 Jahr. Daraus ist zu ersehen, daß

<sup>3</sup> Die Modelle wurden vom Verfasser in den Phys.-Techn. Werkstätten Peine gebaut.

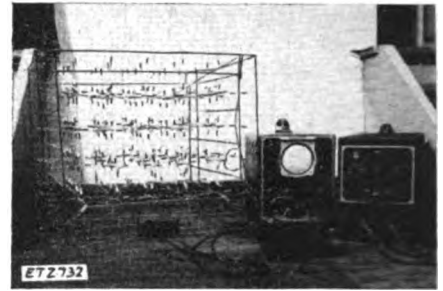


Bild 4. Räumliches Modell.

in 6 m Tiefe die zeitliche Maximumverschiebung rd. 1 Jahr beträgt. „In 6 m Tiefe ist also im Herbst Sommer!“

2. G-Modellgerät (Grenzwert-Gerät). Hierbei sind wir bis an die Grenze der Verkleinerungsmöglichkeit gegangen und haben dadurch die Möglichkeit erhalten, ein Modell aus veränderlichen Widerständen (Potentiometern) und veränderlichen Kondensatoren (Drehkondensatoren) zu erstellen, das nachstehend wiedergegeben ist. Vorteile liegen ohne weitere Erklärungen auf der Hand (Bild 3).

3. R-Modell (räumliches Modell). Es ist erstmals mit der neuen Modellmethode auf einfache Weise möglich, räumliche Modelle zu bauen. Ein räumliches Modell eines Ziegelsteinquaders zeigt Bild 4.

#### Entwicklungsvorschläge

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit treten Probleme auf, deren Lösung wertvoll wäre:

1. Modelltechnik für induktive und kapazitive Erwärmungsmethoden.
2. Mit Hilfe der räumlichen Modelle Klärung des Eckproblemes, Einfluß des Wärmeübergangswiderstandes, Untersuchung, wann eindimensionale Betrachtungsweise möglich ist, Einfluß von Wärmekurzschlüssen, Unterteilungseinfluß, Schaffung geeigneter, schneller zu handhabender Aufbauelemente u. a. mehr.
3. Weiterentwicklung der neuen Untersuchungsmethoden.
4. Schaffung von einfachen Unterlagen zur Anwendung auf Durchwärmungsprobleme.
5. Zur Kabel- und Wärmegleichung ist auch die Diffusionsdifferentialgleichung analog! Ausbau der Modelltechnik für das Diffusionsgebiet.
6. Bei der exakten Behandlung der Differentialgleichung der Wärmeleitung und der idealisierten Kabelgleichung tritt unwillkürlich die Frage nach der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Vorganges auf. Mathematisch ergibt sich für die Wärmeleitung in festen Körpern eine unendliche Ausbreitungsgeschwindigkeit, die physikalisch undenkbar ist. Eine Erklärung wird unsererseits darin vermutet, daß die Differentialgleichung nur makroskopisch Gültigkeit hat, wie es für den Temperaturbegriff der Fall ist<sup>4</sup>.

#### Zusammenfassung

Ausgehend von den bekannten Grundlagen der Analogiemodelltechnik und seiner Anwendung im Beukenmodell werden die Modellvorgänge theoretisch ausgiebig behandelt. Als Folgerung dieser Berechnungen wird ein neues Modell entwickelt und die Anwendung dieser neuen Modellmethode in vielen Beispielen gezeigt. Abschließend wird auf erforderliche Weiterentwicklungen hingewiesen.

#### Schrifttum

- [1] J. de Laclémantière: Etude expérimentale de la transmission de la chaleur en régime variable à l'aide de la méthode des analogues électriques et thermiques. Communication faite aux Membres de l'Association des Ingénieurs de Chauffage et de Ventilation de France et aux Elèves du Cours supérieur de Chauffage industriel de l'Office de Répartition du Charbon, les 8 juillet et 31 octobre 1946.
- [2] C. L. Beuken: Wärmeverluste bei periodisch betriebenen elektrischen Öfen. Dissertation an der Sächsischen Bergakademie Freiberg, 1936. Verlag Triltsch und Huther, Berlin O 27.
- [3] K. W. Wagner: Operatorenrechnung nebst Anwendung in Physik und Technik. Johann Ambrosius Barth-Verlag, Leipzig 1940.

<sup>4</sup> Am Schluß dieser Arbeit sei es dem Verfasser gestattet, allen Herrn zu danken, die bei der Durchführung der Arbeiten in eigenem Namen Weise behilflich waren. Besonderer Dank gilt den Herren Dr.-Ing. C. L. Beuken, Stdrat. Bürger, Prof. Dr. phil. A. Döring, Dr. Ing. Elbe, Ing. Krieter, Dipl.-Ing. Möckel, Prof. Dr.-Ing. F. Meier, Prof. Dr.-Ing. Harald Müller, Prof. Dr.-techn. F. Ungert.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311 (492)

Die niederländischen Elektrizitätswerke. [Nach J. C. van Staveren: *Electrotechniek* 28 (1950) S. 349; 11 S., 15 B.]

Der bekannte Direktor der am 3. Juni 1949 errichteten AG „Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven“ (NV SEP) berichtete in einem Vortrag ausführlich über das Entstehen, den derzeitigen Stand und die Aufgaben der niederländischen Elektrizitätsversorgung.

Aus den ursprünglichen örtlichen Anfängen in den neunziger Jahren entwickelten sich Elektrizitätswerke der Gemeinden und Provinzen, deren Stromversorgungsgebiete nacheinander nach und nach berührt und wodurch an einigen Stellen ohne erheblichen Aufwand die bestehenden 25, 30 und 60 kV-Netze gekuppelt werden konnten; die höchste Leistung dieser Kuppelleitungen war jedoch auf etwa bis 25 MW beschränkt:

Bereits vor dem Kriege hatte man eingesehen, daß mit diesen interprovinziellen Kupplungen das letzte Wort noch nicht gesprochen war. Die damals schon erreichte sehr hohe Konzentration der Produktion hatte aber zur Folge, daß die Erzeugungskosten schon bis auf etwa das theoretisch erreichbare Minimum gesunken waren. Deshalb betrachtete man die Frage einer Verbundwirtschaft nicht als vordringlich.

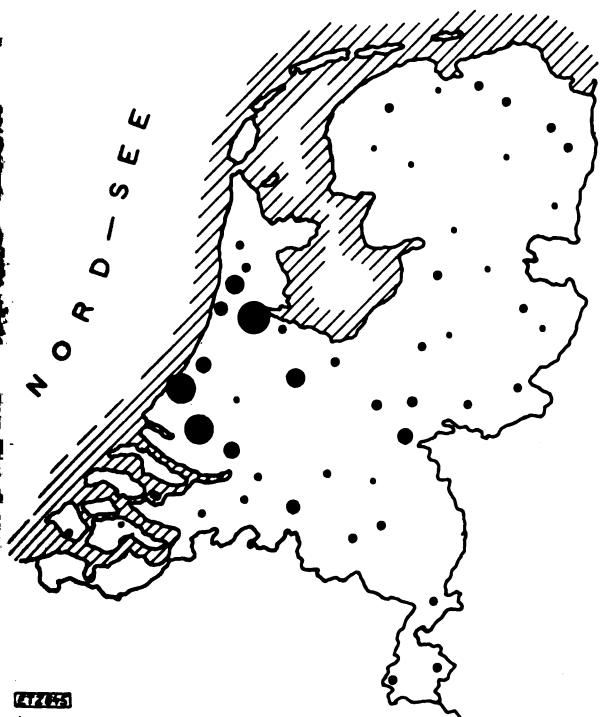


Bild 1. Beispiel der Konzentration der Belastung an den Speisepunkten des 10 kV-Netzes.

Man war zu diesem Standpunkt gekommen auf Grund folgender Überlegungen: Man hatte abgeschätzt, wie groß der Bedarf im Laufe der Jahre an den verschiedenen Speisepunkten der 10 kV-Netze sein würde. Bild 1 gibt ein Bild der Lage dieser Speisepunkte zu einer bestimmten Zeit, wobei die Größe der Höchstlast jedes Speisepunktes durch die Größe der Oberfläche der eingezeichneten schwarzen Punkte bestimmt wird. Die Lage der in Bild 1 angegebenen Speisepunkte sowie die Größe der in diesen Punkten an das 10 kV-Netz abzugebenden Höchstlast wird sich bei größerem Bedarf ändern und zwar wird im allgemeinen sowohl die Zahl wie die Oberflächengröße der in dem Bild eingezeichneten Punkte zunehmen. Indem man die nächste Entwicklung in Zwischenabständen von einigen Jahren so gut wie möglich abschätzt, kann man eine ganze Reihe dieser Punktkarten anfertigen. Jede dieser Karten gibt dann eine Augenblicksdarstellung der — geschätzten — Verteilung

des Gesamtbedarfs. Dabei muß daran gedacht werden, daß der Bedarf nicht an allen Stellen gleich schnell wachsen wird. An Hand dieser Karten wird nachfolgend untersucht, an welchen Stellen die 10 kV-Netze am besten mit elektrischer Energie gespeist werden können.

Theoretisch ergeben sich die Möglichkeiten, irgendwo im Schwerpunkt — also wahrscheinlich im Westen des Landes — ein großes Elektrizitätswerk zu bauen, um damit alle übrigen Speisepunkte über ein Höchstspannungsnetz zu versorgen oder aber bei jedem Speisepunkt ein Werk zu errichten, wodurch dann überhaupt kein Höchstspannungsnetz mehr nötig wäre.

Zwischen diesen beiden äußersten Möglichkeiten wird es für jeden Fall eine bestwirtschaftliche Lösung geben, wobei sich herausstellen wird, daß jedesmal für eine andere Zahl von Speisepunkten Elektrizitätswerke errichtet werden müssen, die dann durch jedesmal anders gebildete Höchstspannungsnetze mit den Speisepunkten in der Nähe verbunden werden müssen.

Im Prinzip handelt es sich also um die Lösung eines Gleichgewichtsproblems. Einerseits werden die Erzeugungskosten durch Konzentration sinken, andererseits werden die Transportkosten mit größer werdendem Überlandnetz zunehmen. Daraus ergab sich, daß für die Niederlande, wo die Erzeugungskosten in den verschiedenen Teilen des Landes nur geringe Unterschiede aufweisen, eine Zahl von etwa 12...16 Werken am wirtschaftlichsten sei. Besonders angenehm war es, daß in der Praxis diese theoretisch errechnete Zahl von Werken inzwischen nahezu entstanden war.

Erst allmählich kam man unter dem Druck der Kriegseignisse allgemein zu der Ansicht, daß es nur möglich sei, durch ein alle Werke verbindendes Höchstspannungskuppelnetz die Stromversorgung zu sichern. Auch sah man ein, daß es möglich sein würde, dadurch die Reserven in den einzelnen Werken kleiner zu halten.

Ausgehend von zwei Berichten<sup>1,2</sup>, wurde für die Niederlande ein Reservefaktor errechnet. Aus den Ersparnissen durch die Einschränkung der Reserven der einzelnen Werke kann man einen Teil der Baukosten des Kuppelnetzes bestreiten.

So hat man ein Landesnetz gebaut, wodurch die Werke der 10 Teilnehmer der am Anfang erwähnten AG „SEP“ miteinander verbunden sind oder werden. Bemerkenswert ist, daß der Staat dabei nur unterstützt hat, aber niemals auf gesetzlichem Wege Druck ausüben brauchte.

Im Prinzip hat jeder Teilnehmer auch weiterhin für das eigene Versorgungsgebiet die Energie zu erzeugen. Einerseits darf jeder Teilnehmer nicht zu wenig Leistung aufstellen, so daß dadurch die gemeinsame Reserve zu klein würde, und andererseits darf jeder Teilnehmer soviel Leistung aufstellen wie er wünscht. Die Regierung hat es dabei in der Hand, ein unnötiges Anwachsen der Leistung zu verhindern durch Verweigerung der Genehmigung. Die Netze und Transformatorstationen bleiben Eigentum der einzelnen Teilnehmer. Kuppelleitungen zwischen zwei Teilnehmern bleiben im Prinzip Eigentum dieser Teilnehmer und werden von jedem zur Hälfte bezahlt. Verwendung, Revision usw. der Maschinen und Netze geschieht nach gemeinsamer Überlegung. Sätze sind aufgestellt für die Lieferung und den Transport der Energie.

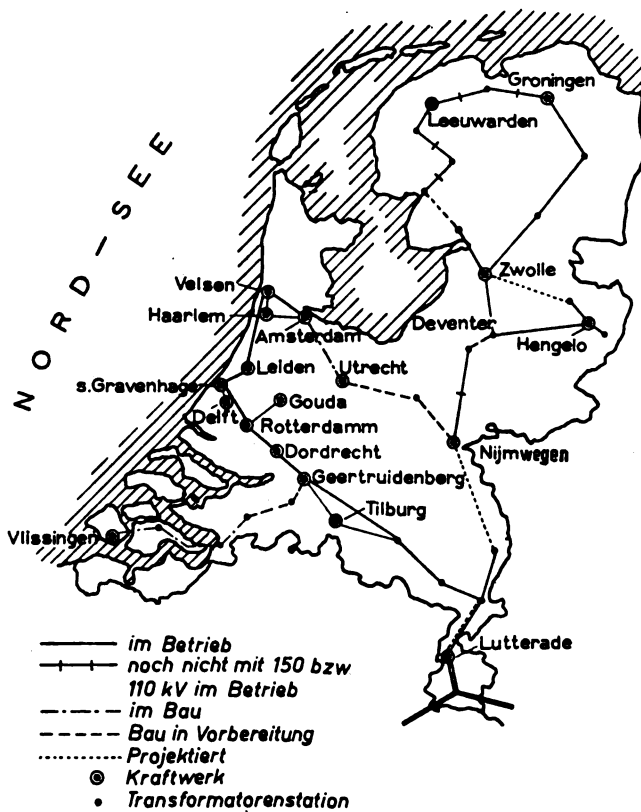
Man hofft, daß es im Jahre 1953 möglich sein wird, an Kapital zu sparen infolge des dann kleineren Reservefaktors und auch weniger Brennstoff zu verbrauchen, da weniger Erzeugungsmittel in Bereitschaft gehalten werden müssen.

Man meint mit der behaltene Selbständigkeit der 10 Teilnehmer wirtschaftlicher verfahren zu können als durch eine noch engere Bindung in nur einer Erzeugungsgesellschaft, da durch die jetzt getroffenen Vereinbarungen ört-

<sup>1</sup> Le rapport entre la puissance installée et la charge maxima admissible d'une centrale et d'un groupe de centrales interconnectées. Von G. J. T. Bakker und J. C. van Staveren. Compte Rendu de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques 1939, Bericht No. 331.

<sup>2</sup> Conséquences des interconnexions dans le choix du matériel des usines génératrices thermiques. Von J. Ricard. Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Electrique (UNIPED) Brüssel, Bericht No. I 1.





ETZ 646 Bild 2. Das niederländische Verbundnetz im Januar 1950.

lich eine größere Anpassungsfähigkeit vor allem in den Tarifen möglich sein wird. Wenn das Verbundnetz fertiggestellt sein wird, wird man über drei Ringleitungen verfügen. (Bild 2). Der erste Ring für 150 kV verbindet den Südwesten: Lutterade-Roermond-Nijmegen-Utrecht-Amsterdam-Den Haag-Rotterdam-Roermond-Lutterade. Der zweite und der dritte Ring für 110 kV verbinden den Nordosten: Deventer-Zwolle-Leeuwarden-Groningen-Zwolle-Hengelo-Deventer. Die drei Ringe werden durch eine 150 kV-Leitung von Nijmegen nach Deventer verbunden werden. Es werden dadurch sämtliche Großelektrizitätswerke miteinander verbunden sein, während die mittelgroßen Werke in Haarlem, Delft, Gouda, Tilburg und Vlissingen mit 50 oder 25 kV-Leitungen angeschlossen sein werden. Über die 150 kV-Verbindung Den Haag-Rotterdam wurde bereits ausführlich in der ETZ berichtet<sup>3</sup>. Diese Strecke ist vollständig in Kabel ausgeführt; die vier Einphasenkabel haben einen Kupferquerschnitt von 240 mm<sup>2</sup>. Alle übrigen Verbindungen sind, so weit möglich, als Freileitungen mit zwei Stromkreisen gebaut. Der 150 kV-Ring und die 150 kV-Verbindung haben einen Kupferquerschnitt von 2 x 3 x 150 mm<sup>2</sup>, während die beiden 110 kV-Ringe einen Querschnitt von 2 x 3 x 95 mm<sup>2</sup> haben. Im Notfall kann dadurch z. B. das Werk Amsterdam 4 x 100 MVA von auswärts erhalten und das Werk Hengelo 4 x 50 MVA.

Fast das ganze Höchstspannungsnetz ist gesichert durch drei Erdseile (3 x 50 mm<sup>2</sup> Bronze). Auf dem seit 1942 im Betrieb befindlichen Abschnitt Rotterdam-Dordrecht ist noch nie eine Störung durch Blitzeinschlag vorgekommen. Es mag dazu beigetragen haben, daß man im allgemeinen einen möglichst niedrigen Erdungswiderstand der Masten zu erreichen versucht hat.

Die Gesamtlänge des 150 kV-Kabelnetzes wird 90 km, die des 150 kV-Freileitungsnetzes 550 km betragen. Diese Zahlen sind für das 110 kV-Netz 5 und 400 km.

Für den Bau des Netzes wurden von der technischen Kommission unter anderem folgende Richtlinien aufgestellt: Das ganze Netz wird mit Petersenspulen zur Erdschlußkompensation versehen; eine direkte Erdung des Sternpunktes ergab zu viele Nachteile. Der Regelbereich der Trafos wird überall ± 15% sein. Für die Schaltung der Trafos wurde festgelegt, daß sämtliche daran angeschlossene

nen 10 kV-Netze synchron gehalten und dadurch ohne weiteres miteinander verbunden werden können.  
Die AG „SEP“ wird die Zentralüberwachungsstelle in Arnheim bauen und die 220-kV-Leitungen, welche Lutterade mit Belgien und Deutschland verbinden, sowie die 120/220 kV-Transformatorstation für 100 MVA in Lutterade vom niederländischen Staat übernehmen. Im Winter 1949/50 wurde von Lutterade Nachtstrom an die Schweiz über das deutsche 220 kV-Netz geliefert.

DK 621.315.0421

**Energietransport über parallelgeschaltete Leitungen.** [Nach W. Erbacher: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 4 (1951) S. 57-60 S., 14 B.]

Durch Parallelschaltung zweier Fernleitungen sollen sowohl die übertragbare Leistung erhöht, als auch die Übertragungsverluste vermindert werden. Wie die vorliegende Arbeit zeigt, lassen sich im allgemeinen beide angestrebten Ziele nicht im gleichen Maße erreichen. In manchen Fällen werden vielmehr die Übertragungsverluste durch Parallelschaltung sogar größer. Es wird hier gezeigt, welche Maßnahmen in diesen Fällen dagegen ergriffen werden können. Werden die Leitungskenngrößen der einen Leitung mit dem Index 1 bezeichnet, die der zweiten Leitung mit dem Index 2, so erhält man als Ersatzimpedanz der Parallelschaltung  $Z_p = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = R_p + jX_p$ . Gesamtverluste beider Leitungen ergeben sich zu  $V_p = 3 |I_1|^2 R_1 + 3 |I_2|^2 R_2 = 3 |I|^2 (a_1^2 R_1 + a_2^2 R_2)$ . Es werden folgende Hilfsgrößen eingeführt:  $a_1 = X_2^2 / a_2$ ,  $a_2 = X_1^2 / R_2$ ,  $b = R_2 / R_1$ . Unter der Voraussetzung, daß  $R_1 < R_2$ , gibt das Verhältnis  $v_1 = V_p / V_1$  ein Maß für die Veränderung der Übertragungsverluste durch Parallelschaltung der Leitung 2. Man erhält

$$v_1 = V_p / V_1 = R_p / R_1 = \frac{b(1 + a_1^2 + a_2^2 b + b)}{(1 + b)^2 + (a_1 + a_2 b)^2}$$

und daraus einige Spezialfälle. 1. ( $X_1 : R_1 = X_2 : R_2$ ) gilt ist  $a_1 = a_2 = a$  und  $v_1 = b / (1 + b) = v_{1min}$ . Ist  $R_1 = R_2$  ( $b = 1$ ) wird  $v_1 = 1/2$ . 2.  $R_1 = R_2$  ( $b = 1$ )  $v_1 = \frac{2 + a_1^2 + a_2^2}{4 + (a_1 + a_2)^2}$

(In der Originalarbeit liegt in dieser Gleichung ein Druckfehler vor). Es ergibt sich zusammenfassend: Die Übertragungsverluste einer Parallelschaltung werden gegenüber jenen der widerstandsärmeren Teilleitung auf jeden Fall kleiner, wenn entweder  $X_1 : R_1 = X_2 : R_2$  oder  $R_1 = R_2$  ist. Weiter wird die Vergrößerung der in Summe übertragbaren Leistung untersucht (thermischer Grenzstrom, statischer Grenzwinkel). Bei Parallelschaltung von Leitungszügen verschiedener Nennspannungen werden durch Hinzukommen von Transformatoren die Werte  $a_1$  und  $a_2$  sehr unterschiedlich,  $b \neq 1$ , so daß die Übertragungsverluste sich vergrößern können. Als Maßnahmen zu ihrer Verminderung werden nachstehende Mittel angegeben: a) Auftrennung der Parallelschaltung an einem Knotenpunkt, b) Verwendung von Leerdrosseln, c) Verwendung von Regeltransformatoren. Diese Maßnahmen haben jedoch auch Veränderungen in bezug auf die übertragene Grenzleistung zur Folge. Am Schluß der Arbeit wird ein Zahlenbeispiel (Parallelschaltung einer 220 kV-Leitung mit einer 110 kV-Leitung) gebracht. Eine Tabelle mit der Zusammenstellung der Ergebnisse dieses Beispiels erhöht die Übersichtlichkeit. Diese Arbeit ist in ihren Ergebnissen für die praktische Verwendbarkeit von großer Bedeutung, da sie das Parallelschaltungsproblem von Übertragungsleitungen eingehend und übersichtlich behandelt.

DK 621.398 : 621.344

**Tonfrequenz-Netzkommandoanlagen in den USA.** [Nach W. Minder: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 1-4 S., 2 B.]

Auch in Amerika sind die Netzkommandoanlagen zur zentralen Steuerung gewisser Energieverbraucher mit den lagerten Tonfrequenzimpulsen noch sehr jung. Die Schaltungsaufgaben der Netzkommandoanlagen sind in Amerika so vielfgestaltig wie in Europa, da in der Bemessung von Kraftwerken und Übertragungsleitungen genügend Reserven enthalten sind. Es werden daher nur Empfänger für zwei oder sechs bis acht Befehle hergestellt. Jeder Empfänger

<sup>3</sup> Die 150-kV-Kabelverbindung Rotterdam-Den Haag Von G. J. T. Bakker. ETZ 60 (1939) S. 209.

jedoch nur immer einen einzigen Schalter für eine Belastungsfähigkeit von etwa 15 ... 30 A bei 240 V. Es gibt in der Hauptsache drei Systeme in Amerika.

Das System der General-Electric-Company (G. E.) benutzt eine Frequenz von 720 Hz. Diese Steuerfrequenz ist die 12. Harmonische der Netzfrequenz von 60 Hz. Bei diesen tiefen Frequenzen ergeben sich gute Ausbreitungseigenschaften, jedoch ist der Störpegel, insbesondere auch durch die dicht benachbarten 11. und 13. Harmonischen der Netzfrequenz relativ hoch. Der Empfänger ist mit einem Serien-Resonanzkreis und Bimetallschalter ausgerüstet, so daß bei einem Impuls von 10 s Dauer der zu steuernde Verbraucher eingeschaltet und bei einem 30 s Impuls ausgeschaltet wird.

Das Seymour-System ist nur wenig verbreitet; es arbeitet mit einer Steuerfrequenz von 240 Hz, die dem Wechselstromnetz in ganz bestimmter Phasenlage zur Netzspannung aufgedrückt wird. Durch diese Überlagerung werden die beiden Wellenhälften der Spannungscurve ungleich verformt, so daß nach Gleichrichtung dieser Effekt zur Steuerung herangezogen werden kann.

Das System der Line-Material-Company benutzt eine Frequenz von 3000 Hz. Durch diese hohe Frequenz ist die Dämpfung in den Leitungen und Transformatoren beträchtlich. Sie hat allerdings den Vorteil, daß die Kopplungsglieder, Sperrkreise usw. klein und billig bleiben. Die Steuerspannung wird Generatoren mit Synchronantrieb in den Größen von 2...9 kW entnommen. Die Empfänger werden in Zählergehäusen untergebracht und bestehen im Wesentlichen aus einem Kondensator und einer Spule mit Eisenkern, die auf Resonanz abgestimmt sind. Der Impuls wird über Gleichrichter und hochempfindliche Gleichstromrelais weitergegeben.

Zur Verdrosselung der Kondensatoren zur Leistungsfaktorverbesserung, die in den Stueretzen einen zu großen Einfluß auf die Steuerspannung hätten, werden Parallelresonanzkreise als fertige Einheiten vorgeschaltet.

Bei der Mitteilung von Betriebserfahrungen mit den Netzkommandoanlagen erwähnt der Verfasser besonders die Störungen durch anomale Temperatureinflüsse im Sommer und Winter der meist im Freien montierten Empfänger.

Sm

## Geräte

DK 621.314.21.016.35

**Stoßspannungserscheinungen in Transformatoren** (Schwingungsfreie Transformatoren). [Nach B. Heller, J. Hlavka u. A. Veverka: Elektrotechn. Obz. 38 (1949) S. 594; 3 S., 36 B.]

Teil 1. Transformatoren mit Röhrenwicklung. — Die Erzielung der Schwingungsfreiheit durch Vergrößerung der Querkapazität mit Hilfe von Kondensatoren wird theoretisch und experimentell untersucht. Beim Transformator mit geerdetem Nullpunkt gelingt es, durch Parallelschaltung einer genügenden Anzahl entsprechend bemessener Kondensatoren zur Wicklung, die Schwingungsfreiheit zu erreichen.

Ferner wird vorgeschlagen, zwischen Kondensatorreihe und Wicklung Dämpfungswiderstände einzubauen. Es wird auch die Schaltung mit einem einzigen Kondensator untersucht, der zwischen Eingangsklemme und einem Anzapfpunkt der Wicklung angeschlossen ist. Es ergibt sich, daß damit eine Unterdrückung der Grundwelle und einzelner Oberwellen möglich ist. Beim Transformator mit freiem Nullpunkt kann mit einer entsprechend groß bemessenen Kondensatorreihe nur eine Herabsetzung der Amplituden der Ausgleichsschwingungen erreicht werden. Bei Vorhandensein einer Regelwicklung zeigte sich ein ungünstiger Einfluß von der mit Kondensatoren ausgerüsteten Stammwicklung auf den Ausgleichsvorgang der Regelwicklung. Durch Unterteilung der Regelwicklung konnte dieser Einfluß behoben werden.

Teil 2. Transformatoren mit Lagerwicklung. — Gelingt es bei geerdetem Nullpunkt der ersten Lage mit Hilfe mehrerer parallel geschalteter Kondensatoren einen linearen Spannungsverlauf aufzuzwingen, so ist auch in allen übrigen Lagen annähernde Schwingungsfreiheit vorhanden. Für den Fall, daß die erste Lage mit nur einem einzigen Kondensator ausgerüstet ist, kann durch Zuschaltung einer Kette von Kondensatoren zu den einzelnen Lagen eine weitgehende Unterdrückung des Ausgleichsvorganges bei Stoß erreicht werden.

Fi

## Schweißtechnik

DK 621.791.735

**Memorandum über elektrisches Lichtbogenschweißen.** [Nach Memorandum on electric arc welding; herausgegeben vom Factory Department Ministry of Labour and National Service. London 1950.]

Das Büchlein ist eine Sicherheitsvorschrift für das elektrische Lichtbogenschweißen. Zunächst wird der Strom- und Spannungsschutz behandelt. Hier fällt auf, daß für Gleichstrom-Schweißgeneratoren Leerlaufspannungen von 60 ... 80 V und für Schweißumspanner solche von 80 ... 85 V angegeben werden und für die bei uns nicht gebräuchlichen Drehstromhaupttransformatoren mit Schweißstromreglern sogar solche von 100 V (= 141 V Spitzenspannung, d. h. 173 V Phasenspannung) zwischen Elektrode und Werkstück. Bei uns sind die Leerlauf- und Zündspannungen in letzter Zeit erheblich herabgesetzt worden. Die Leerlaufspannung einer Querfeld- oder Streupolmaschine beträgt etwa 40 ... 50 V, die Zündspannung geht während des Bogenziehens, also ohne den Schweißer treffen zu können, auf etwa 80 V um dann auf die Bogenspannung von 20 ... 40 V zu sinken. Unsere neuzeitlichen Schweißumspanner mit HF-Vorsatz benötigen nur 60 V Leer- und Zündspannung und der mit MF-Vorsatz nur 48 V. Diese Geräte sind den alten Gleichstrommaschinen bezüglich der Spannungsgefährlichkeit überlegen und können unbedenklich beim Kessel-, Schiffs- und Stahlhochbau verwendet werden.

Auch fällt auf, daß nichts über die gerade in England bei Schweißumspannern gebräuchlichen Vorsatz-Spannungsminderer (Relais) erwähnt wird. Dafür aber werden die Strom- und Spannungsverhältnisse für das Schweißen an Bord besonders berücksichtigt und auf die Gefährlichkeit des Schweißens an ungeerdeten schwebenden Lasten hingewiesen, sowie die Feuergefährlichkeit des Schweißbogens an Deck und bei mit brennbaren Gasen oder Flüssigkeiten gefüllten Rohrleitungen erwähnt.

Sodann erläutert das Memorandum die Eigenschaften von Elektrodenhaltern, Netzanschlüssen, Kabeln und Kupplungen, Werkanschluß und Erdung. Darauf folgt der Strahlenschutz für Augen und Haut, der Schutz gegen Schlacken und Spritzer, Rauch und der Feuerschutz.

Schließlich werden Schutzgeräte, wie Masken, Handschuhe, Kleidung, Stiefel usw. besprochen, welche für uns nichts Besonderes bieten. Hierzu sei erwähnt, daß die Angelsachsen viel mehr die Kopf- als die Handmaske benutzen, so daß der Schweißer immer beide Hände frei zur Arbeit hat. Dies ist praktischer, wenn der Arbeiter von vorneherein an die Kopfmaske gewöhnt ist.

ICF

## Landwirtschaft

DK 621.365.4 : 631.36 : 631.353

**Zur Frage der künstlichen Gras- und Gemüsetrocknung.** [Nach H. Melan: Veröff. T. H. Wien, H. 1 (1949) 6 S., 11 B.]

Die im Jahre 1947 unter Berücksichtigung der damaligen schwierigen Wirtschaftslage Österreichs von Dr. Melan entwickelten Erkenntnisse und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen bezüglich der dringenden Notwendigkeit zur Einsparung von devisa-belasteten Gütern und der zu diesem Zweck erforderlichen Revision althergebrachter Erzeugungsverfahren haben auch heute noch volle Gültigkeit. Da die Verhältnisse bei uns in Deutschland ganz ähnlich gelagert waren und noch sind, verdienen die Ausführungen auch für unser Land vollste Beachtung.

Abgesehen von Sparmaßnahmen müssen nach H. Melan ernste Bemühungen einsetzen, um die Produktion nicht nur zu verbessern, sondern diese mit geringerem Aufwand von Mitteln d. h. von Material, Energie usw. zu erreichen. Das Endziel soll ein hochwertiges, dem Ausland gegenüber konkurrenzfähiges Produkt sein. Diese Bestrebungen müßten auch auf die Ernährungswirtschaft ausgedehnt werden und zwar vor allem zur Schaffung neuer fabriktionsreifer Verfahren zur Konservierung und Veredelung der verschiedensten Nahrungsmittel. Auf diesem Gebiet sei das Ausland, welches nicht unter den verhängnisvollen Kriegseinwirkungen gelitten habe, Österreich voraus.

Um die Produktion von Brotgetreide zu steigern, habe man Wiesen zu Ackerland umgepflügt, was natürlich von

nachteiligen Folgen für die Vieh- und Milchwirtschaft gewesen sei, die früher gerade Exportgüter geschaffen und Devisen eingebracht habe. Als Ausweg gäbe es nur die erhöhte Ausnutzung der im heimatlichen Boden enthaltenen Nährstoffe. Man schaffe so nicht nur genügend Futter sondern direkt ein Kraftfutter, so daß man hierdurch unabhängiger von der Einfuhr würde. Solche Vorbilder biete bereits die Schweiz. Dort hat man auf Grund intensiver Bestrebungen Verfahren entwickelt, um mit Elektrowärme ein hochwertiges lagerfähiges Kraftfutter bei hohem Eiweißgehalt und nur 10% Wasser zu erzielen. Die Gesteungskosten stellten sich auf rd. 13 sfrs./100 kg Trockengras gegenüber 70 sfrs. für Kraftfutter. Wenn 1 kg Kraftfutter auch 1,5 kg Trockengras entspricht, so ist doch der Vorteil beachtlich, selbst wenn bei uns ein höherer Strompreis in Frage kommt. Dabei sei noch zu beachten, daß für Österreich die Kohlebeschaffung Schwierigkeiten bereite, während künftig Wasserkraftstrom genügend vorhanden sei. Schaubilder führen sehr deutlich das günstige Verhältnis gegenüber anderen Futtermitteln hinsichtlich des Anteiles von Stärke und Eiweiß sowie auch von Ballast vor Augen.

Um die künstliche Gastrocknung möglichst wirtschaftlich zu gestalten, ist es nach H. Melan aber notwendig, das technische Verfahren und die Organisation des Betriebes einer solchen Anlage auf die höchste Stufe zu bringen. In der Schweiz hat man bereits gute Erfahrungen mit der Trocknung durch Heißluft gemacht, die mittels elektrischer Widerstände erzeugt wird. Von dort liegen auch Veröffentlichungen vor, in denen die verschiedenen Ausführungen der maschinellen Anlagen beschrieben sind. Auf alle Fälle befindet man sich hier noch in der Entwicklung, zumal doch gerade in den letzten Jahren ganz bedeutende Fortschritte und neue Verfahren zur Erzeugung von Elektrowärme erzielt worden sind, deren praktische Anwendungen sicher noch lange nicht zum Abschluß gekommen sind. In Deutschland sind wir infolge der Kriegsjahre im Bau von Trocknern noch zurück, aber wir werden uns die vorliegenden Erfahrungen sicher zu Nutze machen und hoffentlich schnell aufholen.

Mit Rücksicht auf die zunehmende Verbreitung derartiger Trockenanlagen führt H. Melan hierzu ferner ganz allgemein theoretische Betrachtungen an unter Entwicklung von Formeln zur Berechnung von Trocknern, deren Wirtschaftlichkeit usw. Ein graphisches Schaubild zeigt die Abhängigkeit der Kosten je kg Trockengras vom Strompreis, der natürlich eine wichtige Rolle spielt. Anschließend wird noch ein Rechenbeispiel angeführt. Zum Schluß erwähnt Dr. Melan auch die bereits gut entwickelten Kleintrockner mit Anschlußwerten von 10...20 kW gegenüber den Großanlagen mit 500...1000 kW, welche für die Landwirtschaft künftig eine erhebliche Bedeutung erhalten würden. —t

DK 621.365.4 : 631.36 : 631.353

**Elektrische Heutrockner in Virginia.** [Nach L. L. Koontz: Electr. Wld., N. Y., 134 (1950) Nr. 17, S. 100; 2 S., 8 B.]

Wie sich die künstliche Gastrocknung mit Elektrizität dank ihrer Bewährung und verschiedener Verfahren immer mehr durchsetzt, lehrt erneut der obige Bericht des landwirtschaftlichen Sachverständigen eines EVU in Virginia — USA. Die systematische Werbung wird mit zum Erfolg beigetragen haben. Da die Erntezeit in die Monate Mai und Juni fiel, wurde mit der Werbung im Februar begonnen, wobei zunächst Vortragsveranstaltungen und auch Einzelberatungen stattfanden. Gleichzeitig wurden Erfolgsberichte durch Presse und Rundfunk bekanntgegeben sowie Besichtigungen von Trockenanlagen durchgeführt. Nach diesen Vorbereitungen setzten im März und April die Verkaufsverhandlungen ein.

Bis jetzt sind in Virginia bereits über 300 Anlagen mit einem Anschlußwert von rd. 2100 PS in Betrieb, die sich jährlich in steigendem Maße vermehrten, zumal inzwischen beste Gutachten von Farmern vorliegen. Nach diesen hatte der Milchertrag der Kühe um 20% zugenommen und der Wert des so getrockneten Grases wurde um 25% höher angesetzt.

Die technische Einrichtung bestand lediglich aus einem Elektroventilator, wie auch bei uns in Deutschland jetzt Versuche laufen, während man z. B. in der Schweiz elektrisch erhitzte Luft mit komplizierten Einrichtungen zum Trocknen verwendet. Mit diesen Anlagen hat man in den USA außer Gras auch Mais, Korn, Zwiebeln usw. getrocknet. —t

## Elektromedizin

DK 537.24 : 612

**Elektrische Erscheinungen an Blutzellen.** [Nach E. Fritze: Umschau 51 (1951) S. 226; 2 S., 1 B.]

Die negative Oberflächenladung, die allen roten und weißen Blutkörperchen in Gefäßsystem und Knochenmark zu eigen ist, ist zur Erklärung einer ganzen Reihe von biologischen Phänomenen herangezogen worden. Man nennt z. B. an, daß durch die gleichnamige Ladung die Zellen der Blufflüssigkeit nicht absinken, sondern sich eben in Schwebe halten. Zusammenballungen der roten Blutzellen (Agglutination) bei Zusammentreffen verschiedener Blutgruppen wird in diesem Sinne als Ladungsverlust gedeutet.

In der Originalarbeit wird darauf hingewiesen, daß es bisher an exakten Messungen dieser Oberflächenladung fehlt. Da die direkte Messung wegen der Mikrodimensionen noch nicht möglich ist, gibt der Verfasser die Methode der Kataphorese (= Elektrolyse fester Teilchen) als brauchbar an. Absolute Werte können damit auch nicht gewonnen werden, aber interessante Vergleichszahlen über die Wärmegeschwindigkeit der verschiedenen Arten von Blutzellen, die ja proportional ihrer Ladung ist, im elektrischen Feld wurden vom Verfasser ermittelt. Die relative einfache Technik der Bestimmung wird kurz angegeben. Blutzellen haben grundsätzlich eine höhere Ladung als reife, die z. B. bei einer Reihe von Blutkrankheiten auch dem Knochenmark heraustrreten können. Die weißen Blutkörperchen, die bei der Krankheitsabwehr eine wesentliche Rolle spielen, haben bei infektiösen Erkrankungen eine erhöhte elektrische Beweglichkeit und damit eine erhöhte Oberflächenladung. Als Ursache der verschiedenen großen Ladung vermutet der Verfasser Änderungen im chemischen Aufbau der vorwiegend aus Lipoiden und Eiweiß bestehenden Zellmembrane.

Es gibt physiologische und krankhafte Vorgänge im menschlichen Körper, bei denen elektrische Erscheinungen nicht Ursache sondern Folge oder Begleitsymptom sind (Aktionsströme des sich kontrahierenden Muskels, Strom im Gehirn). Andererseits ist es durchaus denkbar, daß bei Blutzellen die elektrischen Ladungen tatsächlich Ursache einer Reihe von Phänomenen sind. Weitere Forschungen in dieser Richtung könnten zu wichtigen Erkenntnissen führen. Die Anregung hierzu gegeben zu haben, ist das Verdienst des Verfassers dieser Arbeit. —t

DK 614.82 : 612

**108 sind ausgefallen.** [Nach E. C. Hunt: Electr. Engng. (1950) S. 919; 3 S., 1 B.]

Der Verfasser berichtet über 108 Todesfälle, die sich im Verlauf einer Anzahl Jahre in einem Großbetrieb ereignet haben. Aus der Zusammensetzung der Unfälle und der Bestimmung der Unfallursachen muß man annehmen, daß es um Unfälle aus der Elektrizitätsversorgung handelt. 54 betreffen Todesfälle durch elektrischen Strom einschließlich der elektrischen Verbrennungen. Diese verteilen sich zu größeren Teil auf Freileitungen, zum kleineren Teil auf Schalt- und Verteilungsanlagen. Die Lehren, die daraus gezogen werden, entsprechen den Erfahrungen in Deutschland. Sehr stark sind die persönlichen Mängel und menschlichen Unzulänglichkeiten vertreten. Ein kleinerer Teil ist auf technische Mängel und ungenügende Hilfsmittel zurückzuführen. Die Einhaltung genauer Arbeitsregeln, z. B. Abschalten der Spannung prüfen, erden und kurzschließen, werden vielfach beim Arbeiten unter Spannung wird dem Gebrauch von Gummistulpenhandschuhen große Bedeutung beigegeben. Von 24 Freileitungsunfällen sind allerdings 6 trotz der Benutzung dieser Handschuhe eingetreten. Anwendung von Absperrungen und Benützung von Schutzmitteln in großem Umfang werden empfohlen. Soweit diese nicht angewandt sind, soll eine schärfere Aufsicht bei der Arbeit vorzuziehen sein. Ein schwarzgelbes Absperrband für Gefahrstellen an Stelle alter Seile mit Flagge empfohlen. Es wird empfohlen, daß auch Fachleute und Aufsichtspersonen die Absperrung nicht beachtet haben.

Von den übrigen Unfällen werden 16,7% auf Fall von Personen, 12% auf Kraftfahrzeuge, 6,5% auf fallende Gegenstände (einschließlich Maste) zurückgeführt. Auf Sicherheitsgurt, Steigeisen und Leitern für die Freileitungsarbeiten wird besonders hingewiesen. Auch die Gefahren bei

Besteigen von Bäumen werden erwähnt. Die übrigen 10,2 % der 108 tödlichen Unfälle verteilen sich auf verschiedene Gruppen.

Sdr

Physik

DK 537.311.4 : 546.3/9 : 546.23

Über die Existenz von Zwischenschichten an der Grenze Metall-Selen und ihre Bedeutung für den Sperrschichtmechanismus. [Nach S. P o g a n s k i : Dissertation, T. U. Berlin-Charlottenburg, September 1949.]

An der Grenze Metall-Selen entstehen durch Diffusion und chemische Reaktion bereits bei Raumtemperatur Zwischenschichten, die von den vorhandenen Sperrschichttheorien nicht berücksichtigt werden. So ergab sich die Aufgabe, die Wachstumsverhältnisse dieser Schichten aufzuklären und ihren Einfluß auf die am Übergang Metall-Selen auftretenden Sperrschichteigenschaften zu untersuchen.

Für Sperrelektroden aus Kadmium und kadmiumhaltigen Legierungen können die Zwischenschichten aus CdSe in Form von farbigen Anlaufschichten direkt sichtbar gemacht werden. Sie wachsen zunächst sehr rasch; ihre Dicke strebt dann aber praktisch einem Grenzwert zu. Das parabolische Wachstumsgesetz für Anlaufschichten ist nicht gültig.

Entsprechend dem Wachstum der Zwischenschichten ändern sich die Sperrschichteigenschaften am Übergang Metall-Zwischenschicht-Selen. Zunächst wurde für ein bestimmtes Metall (Wismut) der Einfluß des Aufbringverfahrens untersucht. Bei im Vakuum aufgedampfter Wismutelektrode ergibt sich mit wachsender Zwischenschicht schließlich ein sperrschichtfreier Übergang, bei an Luft aufgespritzter Wismutelektrode dagegen verstärkt sich der Sperrschichteffekt. Dieser Tatbestand ist nur dadurch zu erklären, daß bei gleichem Elektrodenmetall je nach dem Aufbringverfahren verschieden geartete Zwischenschichten entstehen (Zwischenschichten erster und zweiter Art).

Die Untersuchung des Einflusses von Zwischenschichten bei verschiedenen aufgespritzten Metallen führt zu dem Ergebnis, daß Sperrschichten mit Elektroden aus Wismut, Zinn und Indium einerseits sowie Kadmium und kadmiumhaltigen Legierungen andererseits eine große Ähnlichkeit aufweisen, daß zwischen den beiden Sperrschichtklassen aber beträchtliche Unterschiede bestehen. Diese Tatsache weist darauf hin, daß an Sperrschichten einer Klasse in irgendeiner Weise gleichartige Zwischenschichten entstehen (Zwischenschichten zweiter und dritter Art).

Eine Deutung dieser Ergebnisse ist im Anschluß an die Schottky'sche Randschichttheorie möglich, wenn man annimmt, daß es sich bei der Zwischenschicht erster Art, die zu einem sperrschichtfreien Übergang führt, um einen Halbleiter mit gemischter elektronischer Leitfähigkeit, bei den Zwischenschichten zweiter und dritter Art dagegen, die eine Erhöhung des Sperrvermögens zur Folge haben, um Überschubhalbleiter sehr verschiedenen Leitvermögens handelt. In den beiden letzten Fällen, zu denen auch die technischen Selengleichrichter gehören, besteht dann die Sperrschicht aus der Anordnung Metall—überschubleitende Zwischenschicht—defektleitendes Selen. Dabei wird ein Sperrereffekt nicht nur an der Grenze Metall-Halbleiter, sondern auch an der Grenze Überschubhalbleiter-Defekthalbleiter angenommen.

Ab

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.974 : 621.315.67

Ein Explosionshammer. [Nach I. E. M a d s e n : Fasteners 5 (1949) H. 4, S. 10 und Neoprene Notebook 1950, Nr. 46, S. 286.]

In den USA hat ein neues Werkzeug Verbreitung gefunden, das u. a. bei elektrischen Installationsarbeiten angewendet wird; mit ihm können Befestigungselemente wie Gewindestutzen, Bolzen usw. in einem Arbeitsgang in Beton, Stahl, Holz und ähnliche Baustoffe getrieben werden. Viel Arbeitszeit wird gespart, da übliche Arbeiten wie Bohren, Stemmen und Verdübeln fortfallen.

Das Befestigungselement wird durch eine Pulverladung in die Wand oder Decke eingeschossen. Soweit aus der Beschreibung hervorgeht, besteht das Werkzeug, das in seinem äußeren Aussehen etwa einem Niethammer entspricht, (jedoch ohne Bügel zum Gegenhalten) aus einem Lauf, einem

Schlitten und einer Zündnadel. Alle diese Teile sind in ein Schutzrohr und Rückstoßgehäuse eingebaut. Ein leichter Typ ist 350 mm lang und wiegt etwa 3 kg, während ein schwererer 450 mm lang ist und 5 kg wiegt.

Zum Laden wird der Lauf vom Schutzrohr entfernt und das Befestigungselement eingelegt; dann wird die Kartusche mit einer für den Verwendungszweck abgestimmten Ladung in das Schloß eingelegt und schließlich das Werkzeug wieder zusammengesetzt. Bei geschulten Arbeitskräften sollte dieser Vorgang nicht länger als 15 s dauern.

Da das Werkzeug einer Feuerwaffe<sup>1</sup> ähnlich ist, sind entsprechende Schutzvorkehrungen notwendig, um unbeabsichtigtes Abfeuern zu verhindern. So kann z. B. der „Schuß“ in einem Modell nur ausgelöst werden, wenn das Werkzeug mit der einen Hand gegen die Bearbeitungsfläche gepreßt und mit der anderen der Auslöser gedreht wird. Der dabei entstehende Gasdruck treibt das Befestigungselement in den Baustoff, in dem es fest haften bleibt. Für sehr spröde Werkstoffe wie Gußeisen, hochgeköhlten Stahl, Marmor, Schiefer, Glas, Klinker oder Kachel wird der Hammer jedoch nicht empfohlen.

Es sei erwähnt, daß der kautschuckartige Kunststoff „Neoprene“ weitgehend für die Rückstoßdämpfung nutzbar gemacht worden ist.

Wmm

DK 621.944.5 : 622.798

Pulvermetallurgische Herstellung endloser Bänder aus Metallpulvern, insbesondere Eisenpulver. [Nach G. N a e s e r und F. Z i r m : Stahl u. Eisen 70 (1950) S. 995; 10 S., 19 B., 4 Taf.; F. Z i r m : Dissertation Clausthal 1950.]

Die Herstellung von Metallteilen durch Pressen und Sintern ist wegen der unzureichenden Fließfähigkeit der trockenen Pulver noch sehr beschränkt. Insbesondere sind Abmessungen in Stärken unterhalb einiger mm aus diesen Gründen nicht herstellbar. Hinzu kommt noch, daß die verhältnismäßig geringe Nachfrage an pulvermetallurgischen Fertigteilen in Deutschland die Wirtschaftlichkeit der Metallpulvergewinnung stark hemmt und dieses umgekehrt zur Folge hat, daß eine Konkurrenzfähigkeit der pulvermetallurgischen Fertigteile wegen der hohen Pulverkosten mit den nach den althergebrachten Guß- und Schmiedeverfahren hergestellten in Deutschland im Gegensatz zu den USA noch nicht gegeben ist und die Nachfrage daher beeinträchtigt.

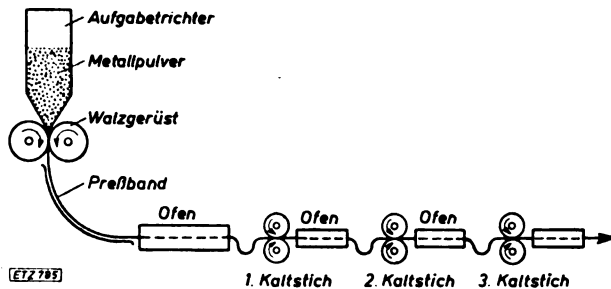


Bild 3. Walzen endloser Bänder aus Metallpulver.

Von diesen Gesichtspunkten aus gesehen verdienen die Ergebnisse von N a e s e r und Z i r m besondere Beachtung, da sie neue pulvermetallurgische Möglichkeiten und für die Zukunft vielleicht weiteren Bedarf an Metallpulvern erschlossen haben. Wurden bisher die Metallpulver fast ausschließlich in Matrizen zu Formlingen gepreßt und anschließend gesintert, so besteht der neue Weg darin, gezeigt zu haben, daß Metallpulver, die aus einem Aufgabetrichter in den Walzenspalt eines Walzwerks rieseln, dort ausreichend verdichtet werden können, so daß sie ohne Bruch das Walzwerk als endloses Band in Stärken zwischen 0,35 und 0,75 mm verlassen. Wie der Pulverpreßling ist die mechanische Festigkeit dieses Bandes noch sehr gering und bedarf der anschließenden Sinterung. Es hat sich gezeigt, daß bei ausreichend hoher Temperatur (1400 °C bei Eisen) der Hauptteil der Festigkeitssteigerung bei der Sinterung in wenigen Sekunden bei diesen dünnen Bändern abgelaufen ist, so daß Walzung und Sinterung kontinuierlich hintereinander erfolgen können, wie Bild 3 schematisch zeigt. Führt man einen solchen Vorgang mehrmals hintereinander aus, wie Bild 3 andeutet, so sind Bänder zu erhalten, die in den me-

<sup>1</sup> Nach Ansicht der US-Steuerbehörde fällt das beschriebene Werkzeug nicht unter den „National Firearm Act“ und den „Federal Firearm Act“.

chanischen Eigenschaften (Festigkeit, Dehnung, Tiefziehfähigkeit) in nichts dem bisher gegossenen und gewalzten Material nachstehen. Es bleibt für die Zukunft eine noch offene Wirtschaftlichkeitsfrage, welche Art der Herstellung im Großbetrieb die billigere ist. Das neue Verfahren ist an Eisenpulvern erprobt worden, es läßt sich natürlich auch für andere Metalle vorsehen, vorausgesetzt, daß gut preßfähige Pulver zur Verfügung stehen. Insbesondere kann durch geeignete Unterteilung des Einlauftrichters auch mehrschichtiges Band hergestellt werden.

Fbch

## Verschiedenes

DK 323.3.007.2

**Gehört der Ingenieur zu den Akademikern?** [Nach R. D. Henson: Electr. Engng. 70 (1951) S. 213; 5 S.]

Auch in Amerika sind viele Menschen noch der Ansicht, daß es nur drei akademische Berufe gibt: den Theologen, den Juristen und den Mediziner. Den Beruf des Ingenieurs achtet man in diesem Sinne nicht. Die Gründe hierfür untersucht der Verfasser aus der historischen Entwicklung heraus. Ingenieuraufgaben wurden früher von Adel und Priesterschaft im Nebenberuf erledigt. Die Berufe der Akademiker im modernen Sinne entstanden erst mit der Säkularisierung der Universitäten. Ihre öffentliche Anerkennung ist nach Meinung des Verfassers zum wesentlichen Teil der Tatsache zu verdanken, daß sie sich zu Berufsvereinigungen oder -kammern zusammenschlossen, für ihre Mitglieder Bildungsforderungen und einen Ehrenkodex aufstellten, und sich dadurch die Hebung des Ansehens des Berufs zum Ziel gesetzt hatten.

Ingenieurvereinigungen gibt es schon seit dem Ende des 18. Jahrhunderts. Der etwa um 1850 in Amerika gemachte Versuch, in einer Gesellschaft die Ingenieure aller Fachrichtungen zu vereinigen, ist jedoch gescheitert. Es gibt heute fast soviel Einzelvereinigungen von Ingenieuren, wie man sich Namen dafür ausdenken kann. Keine von ihnen kann inoffiziell als Vertretung autoritativ auftreten, wie das die Anwaltskammer oder der Ärzteverein kann, obwohl auch diesen Vereinigungen nicht alle Juristen oder alle Ärzte angehören.

In einem interessanten Überblick über die Entwicklung des Ingenieurstudiums weist der Verfasser nach, daß die Ingenieurausbildung einem akademischen Beruf entspricht. Es fehlt ihr aber durch Überbetonung der Spezialisierung der wesentliche Gesichtspunkt der Allgemeinbildung. Nach seiner Meinung muß die hochspezialisierte Hochschule von heute zurückkehren zu einer breiten Allgemeinbildung unter Einbeziehung dessen, was wir in Deutschland als „studium generale“ bezeichnen würden. Auch im eigentlichen Fachwissen aber sei bei der heutigen schnellen Entwicklung die Schaffung breiter Grundlagen und die Vermittlung der Fähigkeiten, wie man wissenschaftlich arbeitet, wichtiger als eine weitgehende Vertiefung in Spezialgebiete, zu der der Fachdozent aus Liebe zu seinem speziellen Arbeitsgebiet neigt. Man soll solche Spezialausbildung der Zeit nach dem Examen überlassen, sie auf den „graduate level“ verschieben. Damit werde dann vielleicht auch der Weg frei für eine große repräsentative Ingenieurvereinigung und für die öffentliche Anerkennung des Ingenieurberufes.

Sh

DK 621.791.7.014.7

### Beschädigung eines Meßkabels durch Fehlverbindung eines Schweißumformers.

Eine namhafte Schweißfirma führte in einem Gaswerk elektrische Schweißungen zur Instandsetzung des Gasbehälters durch. Das Gehäuse des Schweißumformers wurde zum Schutz gegen Berührungsspannungen mit dem Nulleiter und Erde verbunden. Ein Pol des Gleichstromgenerators war über ein isoliertes einadriges Kabel an das Gestell des eisernen, von der Erde elektrisch nicht isolierten Gasbehälters fest angeklemt, der zweite Pol führte über ein gleiches Kabel zur Elektrode, mit welcher der Schweißer am Gasbehälter arbeitete.

Von dem Gasbehälter ist ein Fernsprechkabel zur Meßtafel im Pförtnerhaus verlegt. Der erste Endverschluß dieses Kabels ist am Gestell des Gasbehälters festgeschraubt. Von da wurde das etwa 23 m lange Kabel 12 m weit mit Schellen am Gestell des Gasbehälters niedergeführt, weiter 5 m in die Erde verlegt und im Pförtnerhaus 6 m mit Schellen an der Wand bis zum zweiten Endverschluß geführt. Dieser Endverschluß sitzt auf einem eisernen Rahmen mit mehreren anderen Endverschlüssen, von denen auf lange Strecken

in der Erde verlegte Meßkabel ausgehen. Das Gestell war somit durch diese Kabel gut geerdet.

Infolge mangelhafter Isolation des Schweißkabels an der Klemme wurde vermutlich durch Zerren an der Leitung unbeabsichtigt eine Verbindung zwischen dem betriebsmäßig nicht geerdeten von der Schweißmaschine zur Schweißelektrode führenden Kabel und dem Gehäuse des Schweißumformers hergestellt. Dadurch entstand ein Doppelerdschluß des einen Poles am geerdeten Maschinengehäuse und des andern betriebsmäßig am Gasbehälter geerdeten Poles. Der Kurzschlußstrom floß von einem Pol zum Gasbehälter und verzweigte sich. Ein Teil floß über die Erdung des Behälters die Erdverbindung des Schweißumformers und dessen Gehäuse zum andern Pol des Gleichstromgenerators zurück, der zweite Teil floß vom Gasbehälter über das Fernsprechkabel dessen Endverschluß, den Eisenrahmen zu den weiteren Endverschlüssen und über die daran angeschlossenen Kabeln in die Erde, schließlich über die Gehäuseerdung des Schweißumformers und dessen Gehäuse zum andern Pol des Gleichstromgenerators zurück. Zur Überprüfung dieses Sachverhaltes wurde nach einigen Tagen die Fehlverbindung nochmals absichtlich hergestellt, jedoch in die Verbindung zum Schweißumformergehäuse und zwischen Endverschluß des Meßkabels und seinem Befestigungsrahmen ein Strommesser eingeschaltet. Bei einem Gesamtstrom von etwa 90 A flossen 40 A über die Gasbehälter-Erdung und 50 A über den Endverschluß des Meßkabels in die Erde.

Durch den vom Gasbehälter über das Meßkabel fließenden Gleichstrom von etwa 50 A wurde die Isolation des Meßkabels am Eingang des Endverschlusses, der auf dem Eisenrahmen bei der Meßtafel befestigt war, fast vollkommen verbrannt. Bemerkte wurde der Fehler durch die an der Meßtafel arbeitenden Monteure, welche den Geruch des verbrannten Isolationsmaterials bemerkten und sahen, daß der Kupferdraht, welcher den Bleimantel des Kabels mit dem Endverschluß verbindet, glühte. Die Schweißer am Behälter wurden nicht aufmerksam, weil sie anderweitig beschäftigt waren. Die Dauer der Störung kann nach den Aussagen der Beteiligten mit etwa 20 min geschätzt werden.

Th

DK 621.312 (41)5

### Berliner Elektro-Zahlen.

Wie der Senat für West-Berlin mitteilt, betrug der Brutto-Stromverbrauch im Mai 84,4 Mio. kWh gegenüber 87,1 Mio. kWh im April d. J.

Aus der Berufsgruppe Elektrofach waren im April 2172 Personen erwerbstätig und 4858 arbeitslos.

Der Lieferwert der Elektroindustrie hielt sich mit 697 Mio. DM im April auf der Höhe des Vormonats. Die Zahl der Beschäftigten stieg um rund 0,6% auf 60700 Personen, die der geleisteten Arbeitsstunden um 35% auf 187 h. Die monatliche Kopfleistung lag bei rund 1000,— DM.

Der Export ging um 4,8% gegenüber dem Monat Mai zurück, der einen überaus starken Anstieg um mehr als 90% gebracht hatte.

Während die Aufträge aus dem In- und Ausland weiterhin leicht anstiegen, brachte die Rohstoffversorgung gewisse Schwierigkeiten, ohne jedoch größere Rückwirkungen auf die Produktion zu verursachen. Die Preise für elektrotechnische Fertigfabrikate blieben im wesentlichen unverändert.

Die Umsätze des Elektrogroßhandels hielten sich auf gleicher Höhe, wobei der Rückgang im Umsatz von Installationsmaterial durch eine Steigerung des Kühlschrankgeschäfts ungefähr ausgeglichen wurde. Der Mangel an Fachblechen verzögerte vielfach die Belieferung mit Elektroherden und Kühlschränken.

Der Umsatzrückgang im Elektro-Einzelhandel konnte durch Inzahlungnahme der dritten Uraltkonten-Rate etwas gemindert werden, die im Rundfunk-Einzelhandel sogar eine leichte Besserung gegenüber dem Vormonat bewirkte. Hier wurden hauptsächlich Empfangsgeräte in der Preislage von 150 ... 250 DM gekauft, und zwar fast ausschließlich auf Inzahlung.

Der Rundfunk-Großhandel berichtete über die Einwirkung von Pressenachrichten über die geplante Sonderumsatzsteuer, die vielfach zum Kauf größerer Empfangsgeräte anregten. Im übrigen machte sich ein Angebotsdruck an der vorjährigen Produktion bemerkbar. Das Ziel war, die noch vorhandenen, verhältnismäßig hohen Lagerbestände abzubauen, bevor die Geräte aus der neuen Entwicklung auf dem Markt erscheinen.

H:



## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Telefon: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Steckvorrichtungen für ortsveränderliche Stromverbraucher

Die VDE-Kommission für Errichtungsvorschriften I unter 1000 V beabsichtigt, dem § 13 e) von VDE 0100/VIII. 44 folgende geänderte Fassung zu geben:

„Steckvorrichtungen ortsveränderlicher Stromverbraucher dürfen bei Nennspannungen bis höchstens 250 V, bei Drehstrom mit geerdetem Mittelleiter (Sternpunktleiter) bis 380 V, auch zum In- und Außenbetriebsetzen dienen, sofern der Nennstrom 10 A bei Gleichstrom und 15 A bei Wechselstrom nicht überschreitet.“

Außerdem ist beabsichtigt, folgende Absätze aus VDE 0100/2.51 in VDE 0100 zu übernehmen: § 14 d), § 15 h), § 19 a) 1. I. und 1. II., § 21 a) und § 31 b).

Einsprüche gegen diese Änderungen können bis zum 30. September 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle  
**Stormanns** **Jacottet**

#### Erwärmungszeit von Käfigläufermotoren

Da Unklarheiten bestehen, wie die Erwärmungszeit  $t_E$  von Käfigläufermotoren nach § 35 e) von VDE 0171/IV.44 „Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel“ zu bestimmen ist, gibt die VDE-Kommission für elektrische Maschinen hierfür folgende Auslegung bekannt:

„Bei § 35 e) 2 von VDE 0171/IV.44 handelt es sich um eine Prüfvorschrift, nach der die Erwärmungszeit  $t_E$  von Käfigläufermotoren festgestellt werden soll. Während der Erwärmungszeit  $t_E$  dürfen bei Speisung des Ständers mit Nennspannung und Nennfrequenz die Läufer- bzw. Ständerwicklungen bei festgebremstem Läufer, ausgehend vom kalten Zustand, z. B. folgende Grenzerwärmungen nicht überschreiten: bei Motoren Ex e A: Ständerwicklung 100°. Die Zeit  $t_E$  soll also so bestimmt werden, daß die während dieser Zeit in der Maschine entstehenden Verluste ihre Wicklungen um 100° aufheizen.“

Erfolgt im praktischen Betrieb eine Festbremsung der betriebswarmen Maschine während der Zeit  $t_E$ , so können Leitertemperaturen von rund 200°C auftreten. Da diese Temperaturen nur kurzzeitig wirksam sind, wird die Isolation dadurch nicht überbeansprucht und die Lebensdauer der Maschine nicht merklich herabgesetzt. Zudem erreicht die gesamte Isolation nicht die im Leiter gemessene Temperatur.

Die VDE-Kommission für elektrische Maschinen präzisiert ihre Stellungnahme zu § 35 e) 2 dahingehend, daß dieser in der vorstehend erläuterten Form so aufzufassen ist, daß hierin keine Gefährdung der Maschine liegt, daß er in der vorliegenden Form bestehen bleiben kann und daß schließlich die Maschinen hiernach gebaut werden können und zu prüfen sind.“

Bei der in Aussicht genommenen Überarbeitung von VDE 0170/0171 soll hierüber in Zusammenhang mit der Frage der Lebensdauer elektrischer Maschinen Endgültiges festgelegt werden.

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle  
**Hillebrand** **Jacottet**

#### Übersetzungen von CEE-Empfehlungen

Die Geschäftsstelle des Deutschen Ausschusses für CEE-Fragen beim VDE hat verbindliche deutsche Übersetzungen folgender Empfehlungen der „International Commission On Rules For The Approval Of Electrical Equipment“ (CEE) anfertigen lassen:

1. Anforderungen an Elektrozaun-Geräte für Netzanschluß
2. Anforderungen an Elektrozaun-Geräte für Batterieanschluß

#### 3. Sonderanforderungen an metallgekapselte Elektrozaun-Geräte für Netzanschluß.

Diese Übersetzungen können zum Preise von DM 20.— zuzgl. Versandkosten für alle drei Teile von der VDE-Verlag GmbH., Wuppertal und Berlin-Charlottenburg 4, bezogen werden.

Deutscher Ausschuß für CEE-Fragen  
Die Geschäftsstelle  
**Jacottet**

## SITZUNGSKALENDER

**Berlin:** EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
20. 9. 51, 18.15, Hörsaal EB 301 der T. U.: Experimentalvortrag „Anwendungsmöglichkeiten des Elektronenstrahlzillographen in der Meßtechnik“, Ing. J. Czech, Berlin.  
**Nürnberg:** ETG Nürnberg, Nürnberg, Sandrartstr. 30  
11. 9. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Der Hochspannungs-Leistungsschalter in der Industrie und Elektrizitätswirtschaft“, Dr. E. Westershoff, Kassel.

**Bremen:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
3. 9. bis 6. 9. 51, 9 Uhr, Bau- und Ingenieurschule Bremen: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schneid, Dipl.-Ing. K. Sausermann.

**Dortmund:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
10. 9. bis 14. 9. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Industrie- und Handelskammer, Dortmund, Märkische Straße 120: Kursus „Moderne statistische Verfahren zur Fabrikationskontrolle und zur laufenden Qualitätsüberwachung“, Prof. Dr.-Ing. habil. U. Graf.

**Essen:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
10. 9. bis 14. 9. 51, tägl. 14.15 bis 18.00, Vortragsraum im Siemenshaus, Essen, Kruppstr. 16: Kursus „Innerbetriebliche Fernsprechanlagen“, Dr.-Ing. J. Boyesen.

**Essen:** Haus der Technik, Essen, Hollestraße 1g  
10. 9. bis 15. 9. 51, Wassertagung, Am 11. u. 12. 9. Haupttagung im Saalbau, Essen, Am 10., 12., 13., 14. und 15. 9. Sondertagungen.

**Frankfurt a. M.:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
12. 9. bis 15. 9. 51, 9 Uhr, Staatliche Ingenieurschule, Frankfurt a. M., Kleiststr. 3: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schneid, Dipl.-Ing. K. Kaehne.

**Frankfurt a. M.:** Arbeitsgem. d. Verb. f. Arbeitsstudien — REFA — Braunschweig, Garküche 3  
23. 9. bis 25. 9. 51: erste Bundestagung der Arbeitsgemeinschaft der Verbände für Arbeitsstudien — REFA — in Frankfurt a. M.

**Frankfurt a. M.:** Gesellschaft Deutscher Chemiker, Ffm., Weigertstr. 3  
2. 10. bis 5. 10. 51, Institut f. vegetative Physiologie der Universität Frankfurt a. M.: „Einführungskursus in die Verwendung der radioaktiven und stabilen Isotope in Chemie, Physiologie, Pharmakologie und Technik“.

**Karlsruhe:** Gesellschaft für praktische Energiekunde, Karlsruhe, Krautgarten 10  
10. 9. bis 15. 9. 51, Karlsruhe: „Kursus für den kaufmännischen Nachwuchs der Versorgungsunternehmen“.

**München:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
25. 9. bis 28. 9. 51, 9 Uhr, Hörsaal 186 d. T. H. München: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schneid, Dr.-Ing. O. Zeier.

**Remscheid:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
3. 9. bis 7. 9. 51, Kursus: „Moderne statistische Verfahren zur Fabrikationskontrolle und zur laufenden Qualitätsüberwachung“, Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Bamberg.

**Stuttgart:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
17. 9. bis 20. 9. 51, tägl. 8.15 bis 13.00, Landesgewerbeamt, Stuttgart-N., Kienestraße 18: Kursus „Moderne statistische Verfahren zur Fabrikationskontrolle und zur laufenden Qualitätsüberwachung“, Prof. Dr.-Ing. habil. U. Graf.

**Stuttgart:** Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt des Landesgewerbeamts, Stuttgart, Kienestr. 18  
29. 10. bis 24. 11. 51: „Lehrgang für Schweißfach-Ingenieure“. Abschluß: Schweißfach-Ingenieurprüfung.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4  
3. 9. bis 7. 9. 51: Kursus „Grundlagen der Lärmabwehr“, Dr.-Ing. L. Cremer.

24. 9. bis 28. 9. 51: Kursus: „Statistische Methoden bei textilen Untersuchungen“, Prof. Dr.-Ing. U. Graf, Bamberg, Dr.-Phil. H.-J. Henning.

24. 9. bis 27. 9. 51, ganztägig: „Fortbildungskurs für Zählerrevisoren (II. Teil)“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhagen, Wuppertal, Dr.-Ing. E. Kluss, Krefeld.

## PERSÖNLICHES

**F. Driescher sen. †.** — Am 23. 7. 51 verstarb in Rheydt/Rhld. der in der Energie-Versorgung bestens bekannte und als Fabrikant wie als Konstrukteur hochgeschätzte Ingenieur Fritz Driescher sen. im Alter von 65 Jahren. Mit ihm

verliert die Elektroindustrie einen Unternehmer, der noch zu den Begründern der deutschen Spezialfabriken gehörte und der es verstand, durch zähe, zielstrebige Arbeit und durch fachliches Können die von ihm im Jahre 1909 begründete „Spezialfabrik für Elektrizitätswerks-Bedarf Fritz Driescher, Rheydt/Rhld.“, zu der weit über Deutschlands Grenzen hinaus anerkannten Bedeutung zu führen. Das gilt auch für das von ihm vor dem Weltkrieg erbaute Zweigwerk in Moosburg/Obb. und die Porzellanfabrik in Halsenbach/Hunsrück.



Auf seinem Lieblingsgebiet, der Entwicklung von Hochleistungs-Sicherungen, ist Fritz Driescher sen. durch seine HH- und NH-Kalt-Patronen besonders bekannt geworden und wie hier, so ist auch in vielerlei Hinsicht der betriebssichere Aufbau von Hoch- und Niederspannungs-Schalt- und Verteilungsanlagen durch manche seiner zahlreichen Erfindungen richtunggebend beeinflusst worden. Als Spezialist alenthalben geachtet war Fritz Driescher sen. als Mensch bei allen, die ihn kannten, im besten Sinne des Wortes beliebt, denn er war von selten einfacher, offener und lauterer Gesinnung, seinen Untergebenen ein fürsorglicher Chef und allen Bedrängten ein hochherziger Helfer. Seine Werke werden von seinen Söhnen weitergeführt, denen die Erfolge des Vaters ernste Verpflichtung sind. II

**P. Jacottet.** — Der bisherige Leiter der VDE-Vorschriftenstelle wird mit Wirkung ab 1. 9. 1951 die Hauptschriftleitung beim VDE-Verlag übernehmen und damit die Nachfolgerschaft des verstorbenen Hauptschriftleiters Herrn Dipl.-Ing. G. H. Winkler antreten. Herr Dr.-Ing. Paul Jacottet wird bis auf weiteres auch noch der VDE-Vorschriftenstelle vorstehen. of

**K. W. Wagner.** — Die italienische Akademie der Wissenschaften in Rom (Accademia Nazionale dei Lincei) hat Prof. Dr.-Ing. e. h. Dr. K. W. Wagner zum Auswärtigen Mitglied in der Klasse der Physik, Mathematik und Naturwissenschaften gewählt.

Vom Spanischen Forschungsrat ist Professor Wagner eingeladen worden, in diesem Herbst in Madrid Vorlesungen und Vorträge aus seinen Arbeitsgebieten zu halten. of

**Hochschulnachrichten.** — Die Technische Hochschule Darmstadt hat Herrn Richard Nestler, Lehr in Baden, dem Seniorchef der Fabrik für mathematische Präzisionsinstrumente, die Würde eines Ehrensenators verliehen. Mit dieser Ehrung werden die besonderen Verdienste anerkannt, die sich Richard Nestler auf dem Gebiete der Herstellung von mathematischen Präzisionsinstrumenten und besonders bei der Verbreitung des Rechenschiebers erworben hat. of

**J. Biermanns.** — Am 15. August beging Professor Dr.-Ing. E. h. Joseph Biermanns sein 40jähriges Dienstjubiläum in der AEG.

Biermanns gehört zu den Pionieren der Starkstromtechnik und gilt als Autorität von internationalem Ruf. Nicht nur als Wissenschaftler, sondern auch als ideenreicher Ingenieur hat er an der Entwicklung der Energieversorgung einen hervorragenden Anteil. Biermanns ist der Erfinder des ersten Distanzrelais nach dem Widerstandsprinzip und damit der Begründer des modernen Netzschutzes. In seinen bekannten Büchern „Magnetische Ausgleichsvorgänge in elektr. Maschinen“ und „Überströme in Hochspannungsanlagen“ gab er erstmalig eine zusammenfassende Darstellung und Deutung der Kurzschlußvorgänge in Generatoren und Netzen.

Als Chefelektriker und späterer Leiter der AEG-Fabrik für Transformatoren und Hochspannungsschalter in Berlin erwarb sich Biermanns besondere Verdienste um die Entwicklung der Hochspannungsschaltgeräte. Heute hat sich sein Löschrinzip in der ganzen Welt durchgesetzt. In gleicher Weise hat sich der von Biermanns erstmalig angegebene

Überspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstand in der Form der bekannten Ventilableiter allgemein eingeführt. Auch der Transformatorbau verdankt Biermanns eine Fülle von Erfindungen und Anregungen.

Nach dem zweiten Weltkrieg schrieb Biermanns ein umfassendes Werk über „Hochspannung und Hochleistung“, ferner ein Buch über „Energieübertragung auf langen Leitungen“.

Das hohe Ansehen, das der Jubilar in der Fachwelt genießt, hat während seiner langen Schaffenszeit in zahlreichen Ehrungen seinen Ausdruck gefunden. So verlieh ihm die T. H. Darmstadt 1930 den Ehrendoktor, während ihn kurz danach die T. H. Berlin zum Honorarprofessor ernannte. 1949 wurde er in den Vorstand des wieder erstandenen VDE berufen.

**Jubiläum.** — Am 8. 8. 1911 trat Otto Elias in die Auer-Gesellschaft, Vorgängerin der Osram GmbH., ein. Als Leiter der Finanzabteilung und ordentlicher Geschäftsführer der Osram GmbH. konnte Direktor Elias jetzt sein 40jähriges Jubiläum feiern. of

**Jubiläum.** — Am 1. August ds. Js. bestand die Maschinenfabrik R. Stahl in Stuttgart 75 Jahre lang. Ihr ursprüngliches Fabrikationsprogramm enthielt Rundwirksmaschinen für die Textilindustrie, es wurde aber später erweitert und jetzt fertigt die Firma auch Hebezeuge, Aufzüge und Krane sowie Elektroflaschenzüge. Dabei wurden mehrere Sammelleistungen für Selbstfahreraufzüge entwickelt. R

### Briefe an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

DK 621.315.4412

#### Statische Berechnung von rechteckigen stählernen Freileitungsmasten für Verdrehungsbelastung.

Die in Deutschland üblichen Gittermasten sind regelmäßig Raumgebilde aus vier Tragwänden, welche als statisch bestimmte ebene Fachwerke durchgebildet sind. Wie man sich leicht überzeugt, ist die in Bild 2 auf Seite 398 der ETZ 71 (1950) im Aufsatz von Dr. O. Stötzner dargestellte und meist verwendete Grundform als Raumfachwerk der exakten Theorie vielfach statisch und kinematisch überbestimmt. Vorhanden sind 24 Knoten mit insgesamt 48 Stäben. Die Bedingung für statische Bestimmtheit von Raumfachwerken ( $s = 3k - 6$  und nicht  $s = 3k$ ) erfordert 66 Stäbe, so daß die Konstruktion 18fach überbestimmt ist. Dies wird im allgemeinen durch Ringstreben nicht geändert. Daraus dürfte folgen, daß das aus der Unterbestimmtheit abgeleitete Verfahren nicht ausreichend begründet ist.

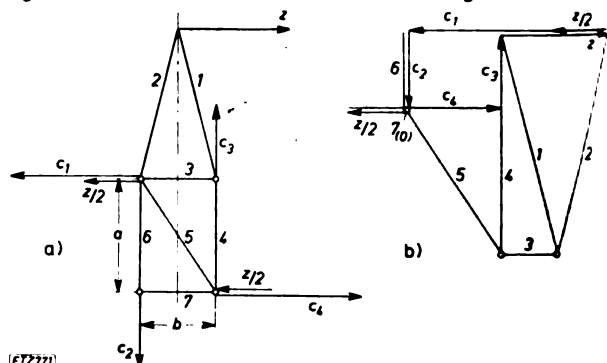


Bild 1. Das Gleichgewicht am Querträger; a) Lageplan, b) Cremona-Diagramm.

Zweifelsohne wird eine Darstellung von den in den Tragwänden wirkenden Querkräften oder Kräftepaaren (Drillmomenten) ausgehen müssen. Sind diese aber bekannt, dann sind zwangsläufig auch die in den Ringstreben der Querträgererebenen wirkenden Stabkräfte berechenbar. Zu den in einer Traversenebene vorhandenen Kräften gemäß Bild 1 der Originalarbeit sind noch die in den beiden Wänden mit der Breite  $B$  auftretenden, die Kraft  $Z$  ersetzenden Züge  $Z/2$  hinzuzufügen. Beachtet man dann, daß alle, auch die mit  $C$  bezeichneten Wandkräfte mit entgegengesetztem Vorzeichen versehen die Reaktionen des Mastchaftes auf den Querträger nach Größe und Richtung sind und der letztere ein statisch bestimmtes ebenes Fachwerk ist, dann erhält man die in den Bildern 1a und 1b dargestellten Verhältnisse. Da die äußeren Kräfte also äquivalent 0 sind, so

fert der gleichzeitig beigegebene Cremonaplan alle inneren Kräfte im Querträger. Insbesondere wird die Stabkraft in der Ringstrebe unter Benützung der Ähnlichkeit zweier Dreiecke endgültig

$$S_3 = D_v = \left( C_1 - \frac{Z}{2} \right) \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} = \left( C_1 - \frac{Z}{2} \right) \sqrt{1 + \left( \frac{a}{b} \right)^2} \\ = H_4 \sqrt{1 + \left( \frac{a}{b} \right)^2}.$$

Man erhält also eine Gleichung, deren Aufbau unabhängig von den Stielneigungen ist.  $H_4$  ist hierbei die in der der Ausladung des Querträgers gegenüberliegenden Wand wirkende Querkraft in der Bezeichnung nach VDE 0210, Ausgabe 1951. K. Kohler

### Erwiderung

Meine Abhandlung bezieht sich lediglich auf den Einfluß von Drehmomenten auf die Seitenwände von Gittermasten üblicher Bauart, wobei das angreifende Drehmoment durch das Kräftepaar  $K = P \cdot b$  ersetzt ist. Die Querkraften aus dem Leitungszug habe ich wissentlich nicht berücksichtigt. Ihr Einfluß auf die Mastwände ändert das Ergebnis meiner Abhandlung nicht, da die Querkraften sich nur auf die gegenüberliegende Mastwände verteilen und die beiden anderen Mastwände nicht belasten. Im übrigen scheidet der Einfluß der Querkraften aus, wenn bei 2seitigen Traversen in den benachbarten Feldern je eine Leitung gerissen ist. Bei dieser Annahme sind die Querkraften aus den Leitungszügen entgegengesetzt gerichtet und heben sich auf. Es tritt überhaupt keine Belastung des Mastes durch Querkraften auf, während das Drehmoment wirksam ist. Hieraus ergibt sich, daß die Berücksichtigung der Querkraften sich erübrigt, wenn der Einfluß der Drehkräfte untersucht werden soll.

Der von Dr. Kohler zeichnerisch gefundene Wert für die Diagonale  $D$  läßt sich rechnerisch ebenso einfach finden. Damit ist aber noch nicht der Nachweis erbracht für die Richtigkeit der in den Bestimmungen angegebenen Verdrehungsformel. Es ist mir nicht bekannt, daß die Formel einwandsfrei rechnerisch bisher nachgewiesen wurde. Prof. Girkmann (Wien) bringt in seinem Buch „Die Hochspannungsfreileitungen“ auf Grund der bekannten Arbeitsgleichungen für Fachwerke eine Annäherungsberechnung, wobei ebenso wie von mir auf gewisse Voraussetzungen in Bezug auf die konstruktive Ausführung der Maste verwiesen wird, wenn die Formel der Vorschriften Gültigkeit haben soll. Prof. Nanké (Prag) hat in seiner Veröffentlichung „Zur Berechnung von vierseitigen Fachwerkmasten auf Verdrehen“ erschienen in der Zeitschrift „Der Stahlbau“ 1941, Heft 19/20, ebenfalls zu dieser Frage ausführlich Stellung genommen, ohne den Einfluß der Querkraften berücksichtigt zu haben.

Am Eingang der Stellungnahme äußert sich Dr. Kohler auch über den statischen Charakter von Freileitungsmasten. Er bezieht sich dabei auf Bild 2 meiner Abhandlung. Hierzu muß ich bemerken, daß dieses Bild lediglich einen Mastquerschnitt in der Traversenebene wiedergeben soll und nicht die Angabe der Auflagerbedingungen nicht geeignet erscheint, an Hand der skizzierten Stäbe, räumlichen und auch ebenen Knotenpunkten nachzuprüfen, ob die Bedingung  $s = 3k$  oder  $s = 3k - 6$  erfüllt wird. Der statistische Charakter von Freileitungsmasten wird von Prof. Girkmann in dem bereits erwähnten Buch ebenfalls sehr eingehend behandelt. Meine Ausführungen beziehen sich in einem besonderen Abschnitt auf das von mir skizzierte übliche System eines räumlichen Fachwerks mit ebenen Knotenpunkten von statischer Bestimmtheit bei Fehlen der Diagonalaussteifungen in den Traversenebenen und der Bedingung  $s = 3k$  in Bezug auf den statischen Charakter solcher Konstruktionen. Das Buch wohl in allen Bibliotheken technischer Schulen vorhanden ist, so daß es jedem Fachkollegen zur Verfügung steht, möchte ich darauf verzichten, die Entwicklungen von Prof. Girkmann, die von der Fachwelt bisher allgemein anerkannt wurden, hier wiederzugeben.

Die Ausführungen von Dr. Kohler haben im Rahmen meiner Arbeit m. E. nur eine nachgeordnete Bedeutung, denn sie treffen nicht, wie ich bereits bemerkte, den Kern der Sache. O. Stötzner

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 512.8 (022.4)

**Höhere Algebra.** Von Prof. Dr. Helmut Hassse. (Slg. Göttingen, Bd. 931 u. 932). 3. verb. Aufl. **Bd. I: Lineare Gleichungen.** Mit 152 S., **Bd. II: Gleichungen höheren Grades.** Mit

158 S., Format 10,5×15,5 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis je Band (kart.) 2,40 DM.

Die in neuer Auflage vorliegenden beiden Bändchen über höhere Algebra sind wohlbekannt als das kürzeste Standardwerk über dieses Gebiet. Wenn auch die sehr abstrakt gehaltene Darstellung dem ingenieurmäßigen Denken fernliegt, so wird doch jeder theoretisch arbeitende Ingenieur mit Erfolg zu diesen beiden Bänden greifen, wenn er Aufschluß über allgemeine algebraische Fragestellungen höherer Art sucht. U. Graf

DK 621.396.828 (023.2)

**Grundlagen der Rundfunkentstörung.** Von Prof. Dr.-Ing. Friedrich Benz. Mit 89 S., 37 B., 2 Taf., Format DIN A 5. Dipl.-Ing. Rud. Bohmann-Industrie- und Fach-Verlag, Wien 1949. Preis kart., DM 3,20.

Die kleine Broschüre soll nach den einführenden Worten des Verfassers den Funkentstörungs-Fachleuten ein Behelf für ihre Arbeiten sein, dem Elektrotechniker zeigen, wie er elektrische Anlagen aufstellen soll, um Funkstörungen zu verhüten und dem Laien Hinweise geben, wie er seinen Rundfunkempfang verbessern kann. Diesen Aufgaben wird die kleine, 87 Seiten starke Broschüre gerecht, so daß sie jedermann empfohlen werden kann, der sich einen lapidaren Überblick über die Probleme der Funkentstörungstechnik verschaffen will. Zahlreiche Hinweise auf einschlägige Veröffentlichungen in den Zeitschriften der deutschen und ausländischen Fachliteratur ergänzen die Broschüre.

Der Verfasser legt den Schwerpunkt der Funkentstörung auf die Entstörung der starkstromtechnischen Geräte und Anlagen. In einer kurzen Übersicht werden Ursachen und Ausbreitung der niederfrequenten und hochfrequenten Störungen behandelt, eine größere Anzahl der in der Praxis vorkommenden Störer beschrieben und Störerschaltungen angegeben. An Beispielen wird die Berechnung der elektrischen Werte der Störerschutzmittel kurz gezeigt. Im Kapitel Entstörungstechnik werden die Spannungsmessungen nach CISPR-Empfehlungen und das dazu gehörende Meßgerät entsprechend den deutschen VDE-Leitsätzen 0876 und 0877 behandelt sowie die bei Frequenzen oberhalb 20 MHz angewandte Methode der Messung von Funkstörweiten beschrieben. Entstörungsmaßnahmen an Empfangsantennen und an den Empfängern vervollständigen die übersichtlich angeordnete Schrift.

Die technischen Bedingungen der Verwaltungsanweisung zum Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten und die im Entwurf vorliegenden VDE-Regeln 0875/...51, die für die heutige Entstörung von entscheidender Bedeutung sind, werden in der Broschüre noch nicht berücksichtigt.

F. Carqué

DK 621.313/.314/.317 (023.2)

**Fachkunde für Elektriker.** Teil 2: Elektrische Maschinen und Meßgeräte. Von W. Blatzheim. 9. Aufl. Mit 243 S., 305 B., Format 15×21 cm. Ferd. Dümlers Verlag, Bonn 1951. Preis kart. 5,80 DM.

Die Fachkunde für Elektriker von W. Blatzheim hat sich durch ihre konsequente Anpassung an den Zweck — Berufsschule und Meisterprüfung — den ihr gebührenden Platz in der Reihe der Fachbücher gesichert. Wesentlich ist die klare Darstellung unterstützt durch zweckmäßige und ausführliche Schaltbilder und durch zahlreiche Beispiele und Übungsaufgaben. Der vorliegende 2. Teil behandelt die elektrischen Maschinen in weiterem Sinne, wozu auch Umspanner, Umformer und besonders auch Stromrichter zählen. Hervorzuheben ist die Tatsache, daß auch neue Bauarten berücksichtigt werden. Die verschiedenen Motorbauarten werden ausführlich behandelt, ebenso die Drehzahlregelung. Hierbei wäre vielleicht ein kurzer Hinweis auf die Wirtschaftlichkeit von Vorteil. Die Erklärung der Wirkungsweise von Stromverdrängungsläufern könnte zweckmäßig ergänzt werden durch einen Hinweis auf die Auswirkung auf die Anlaufbedingungen (Drehmoment, Stromverlauf). In einem Schlußabschnitt werden elektrische Meßinstrumente, Zähler und einfache Meßverfahren behandelt. G. O. Fischer

DK 621.385 (083.8)

**Röhren-Taschentabelle.** Von F. Kunze. 2. Aufl. Mit 136 S., Format DIN A 6. Franzis-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 2,50.

Die heute auf dem deutschen Markt befindliche Vielzahl von Elektronenröhren macht es dem Ingenieur und Techniker unmöglich, deren Typen oder gar technische Daten im

Köpfe zu behalten. Hier befriedigt die Röhren-Taschen-Tabelle von Fritz Kunze tatsächlich ein Bedürfnis. Sowohl in ihrem handlichen Format wie in ihrer übersichtlichen Anordnung des Stoffes gestattet sie eine rasche Ermittlung der von den Herstellern angegebenen normalen Betriebsdaten, der zulässigen Grenzwerte und der Sockelanschlüsse sämtlicher deutschen Rundfunk- und Spezialröhren einschließlich Elektronenstrahlröhren und Thyatronen. Nur Senderöhren über 100 W Anodenverlustleistung sind nicht enthalten. Die jetzt erschienene 2. Auflage des Franzis-Verlages stellt durch die Hinzufügung der bis Mitte 1950 neu erschienenen Röhren eine erweiterte Ausgabe der früher vom Funkwerk-Labor und -Vertrieb Potsdam herausgegebenen Röhren-Taschen-Tabelle dar.

H. Iffland

DK 536.33 : 535.61—1 (023.1)

**Infrarotstrahler zur Erwärmung und Aushärtung.** Von Dr. R. Borchert und Dr. W. Jubititz. (Bd. 5 i. d. Schriftenr. d. Verl. d. Technik). Mit 50 S., 7 B., Format 14,5×21 cm. Verlag Technik GmbH, Berlin 1951. Preis kart. 2,50 DM.

Das Büchlein behandelt einen Ausschnitt aus der Ultraschalltechnik, nämlich das Arbeiten mit Hellstrahlern. Es bringt aus der Reihe der verschiedenen Hellstrahlerkonstruktionen nur die des Berliner Glühlampenwerkes, einer Nachfolgefirma der Osram GmbH. Da es sich um ein Heft handelt, das sich an die Betriebsfachleute wendet, die für eine Anwendung der Temperaturstrahlung gewonnen werden sollen, sind die theoretischen Grundlagen und auch die für das Verständnis mancher Darstellungen wünschenswerten näheren Erläuterungen unterdrückt worden. Als Beispiele für ausgeführte Ofen werden drei Konstruktionen dargestellt, die dem Verbraucher als Normaltypen empfohlen werden. Eine Reihe von Beispielen ergänzt die Ausführungen.

Harald Müller

DK 621—24 (022.2)

**Kolbenmaschinen.** Von Prof. Dr.-Ing. habil. Alfred Oppitz. Mit 253 S., 193 B., Format 13×20 cm. Carl Winter Universitätsverlag, Heidelberg 1950. Preis kart. DM 11,10, geb. DM 12,90.

Das in „Winters Studienführer, Schriftenreihe zur Einführung in das gesamte wissenschaftliche Studium“ erschienene Buch A. Oppitz: „Kolbenmaschinen“ behandelt bei einem relativ geringen Umfang (250 Seiten) das gesamte Gebiet der Kolbenmaschinen, vorwiegend vom konstruktiven Gesichtspunkte aus. Jedoch ist auch die Thermodynamik kurz behandelt. Die Bearbeitung erfolgte, abweichend von der üblichen Darstellung, in der Weise, daß zunächst alle den Kolbenmaschinen gemeinsamen Vorgänge zusammenfassend behandelt wurden. Auch die thermodynamischen Gesichtspunkte werden in einer kurzen und vereinfachten Darstellung der Kreisprozesse einführend dargestellt. Für die einzelnen Fachgebiete — Kolbendampfmaschinen, Kolbenpumpen, Kolbenverdichter für Gase und Flüssigkeiten, Verbrennungsmotoren — werden die Verfahren beschrieben und eine einfache rechnerische Behandlung einschließlich konstruktiven Erläuterungen dargestellt, wobei einige konstruktive Probleme ausführlicher behandelt sind.

Das Buch ist wegen seiner gedrängten Darstellung als allgemeine Einführung ein wertvolles Hilfsmittel, insbesondere für Anfänger und Ingenieure, die nicht unmittelbar auf diesem Fachgebiet tätig sind. Wertvoll ist das umfangreiche Schrifttumsverzeichnis mit kurzen Hinweisen auf den Inhalt und auf die besondere Eigenart der betreffenden Bücher.

F. A. F. Schmidt

DK 351:621.311 : 620.98 (032)

**Unternehmen der öffentlichen Versorgung 1950.** Das Spezial-Archiv der deutschen Wirtschaft. Mit 448 S., Format DIN A 4. Verlag Hoppenstedt & Co., Heppenheim a. d. B. 1951.

Vor dem Kriege erschienen in regelmäßigen Abständen die Handbücher: „Die Elektrizität im Deutschen Reich“ und „Die Häfen im Deutschen Reich“, die für die deutsche Volkswirtschaft und fast die gesamte Industrie unentbehrliche Nachschlagewerke waren. Von den interessierten Stellen wird es sicherlich dankbar begrüßt, daß die auf den neuesten Stand der Bundesrepublik gebrachten Bücher, nun zu einem gemeinsamen Nachschlagewerk zusammengefaßt, wieder erschienen sind. In mühevoller Arbeit hat der Herausgeber zahllose neue Angaben und Unterlagen zusammengetragen.

Nach Orten alphabetisch zusammengestellt, findet man zunächst eine kurze Biographie des Ortes, z. B. Einwohnerzahl, Angaben über die einheimische Industrie, die wichtigsten öffentlichen Einrichtungen usw. Es folgen genaue

Angaben über die Werke der öffentlichen Versorgung beginnend mit den Elektrizitätswerken; genannt sind hier u. a. Maschinenleistung, Stromart, Spannung, Energiequellen und ausführliche Angaben über die Leitungsnetze. Anschließend finden wir statistische Mitteilungen über die Energieerzeugung in den letzten Jahren, die angeschlossenen Haushalte und Zähler. Ähnlich aufschlußreich sind die Unterlagen über die Gas- und Wasserwerke, sowie die Betriebe des Nahverkehrs.

Ausführlich sind die Angaben über die Häfen, die sich auch mit den Zerstörungen durch den Krieg und mit Staat und Ziel des Wiederaufbaues beschäftigen. Ergänzt wird das Band durch einen umfangreichen Anzeigenteil. Druck, Papier und Einband sind ausgezeichnet.

H. Hansen

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

**Der Elektroinstallateur** in der Meisterprüfung. Von Hugo Baer. Mit 106 S., zahlr. B. u. Taf., Format DIN A 5. Gebr. Jänecke, Hain 1951. Preis kart. 3,80 DM.

**Die elektroakustischen Wandler.** Von Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c. Heinrich Hecht. 2., erw. Aufl. Mit 221 S., 44 B., Format 16×24 cm. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1951. Preis kart. 19,50 DM.

**Tätigkeitsbericht 1950 der Vereinigung Industrielle Kraftwirtschaft** Mit 12 S., Format DIN A 5.

**Radio-Praktiker-Bücherei.** Format 11,5×17,5 cm. Franzis-Verlag München 1951. Heft 9: **Magnetbandspieler-Praxis.** Von Wolfgang Jung. Mit 64 S., Preis 1,20 DM. Heft 28: **Die Glühlampe** und ihre Schaltung. Von Otto Paul Herrnkind. Mit 63 S., Preis 1,20 DM. Heft 29: **Kleines ABC der Elektroakustik.** Von Gustav Büschler. Mit 120 S., Preis 2,40 DM. Heft 31/32: **Sender-Baubuch** für Kurzwellen-Amateure. Von H. F. Steinhauser. Mit 123 S., Preis 2,40 DM.

**Gutes Licht für jeden Zweck.** Sammeliste 51. Hrsg. G. Schanze & Co. GmbH. Format 17×21 cm, im Leinenhefter.

**Elektronenröhren und ihre Schaltungen.** Von Dr. habil. Martin K. Mit 346 S., 314 B., 8 Taf., Format 17,5×24,5 cm. Vandenhoeck & Ruprecht Göttingen 1951. Preis kart. 29,15 DM, Hlw. 32,80 DM.

**Vergleichende Betrachtungen über Rundfunk und Fernsehen.** Von Dr. Bredow. Sonderheft der Zeitschrift „Rundfunk und Fernsehen“ Nr. 87 S., Format 16×23 cm. Verlag Kurt Vowinkel, Heidelberg 1951.

**Interpretation of Standard Rules Governing the Short-Circuit Test and Certification of Oil Circuit-Breakers (Asta No. 5).** Mit 18 S. Interpretation of Standard Rules Governing the Short-Circuit Testing and Certification of Low and Medium Voltage Electric Fuses for Use on Alternating Current Circuits (Asta No. 6). Mit 12 S. Rules Governing Short-circuit Testing of Circuit-Breakers which are not included in the Features not Provided for, in British Standard Specifications (Asta No. 7). Mit 12 S. Rules Governing the Short-Circuit Testing of High-Voltage Electric Fuses for Alternating Current Circuits (Asta No. 8). Mit 12 S. Rules for the Short-Circuit Testing of Circuit-Breakers in Combination with Back-up Fuses (Asta No. 9). Mit 15 S. Rules for the Short-Circuit Testing of Power Transformers, Current-Transformers, Reactors and Isolators (Asta No. 12). Mit 14 S., Format 16×25 cm. Herausgeber: Association of Short-Circuit Testing Authorities, London 1950. Preis kart. 5 sh.

**Recht und Ehre.** Von H. Keller. Hrsg. Aktionsausschuß des Deutschen Erfinderrings und der Bayerischen Erfinder-Schutzvereinigungen. 93 S., Format DIN A 5.

**51. Geschäftsbericht der Siemens & Halske Aktiengesellschaft** die Zeit vom 1. 10. 1947 bis 30. 9. 1950. Mit 123 S., Format DIN A 4.

**Die Photozellen.** (Technisch-Physikalische Monographien, Bd. 6). Von Dr.-Ing. habil. Paul Görlich. Mit 288 S., 115 B., Format 15×22 cm. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1951. Preis kart. 19,80 DM.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 8.** Inhalt: K. K. Müller, Elektrische Ersatzbilder; E. Prokott, Impulsgeber mit Leistung mit gesteuerten Funkenstrecken; E. Koch, Über die Frequenzregulierung langer Fernleitungen; K.-O. Schmidt, Die Bestimmung der Größe eines Dezimetersystems mit Zeit-Impulsmodulation (Puls-Frequenz-Modulation); M. Hebel, Hörzeichen im Fernsprechwahlverkehr.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. habil. Hermann A then, Elmshorn, Kirchenstr. 7  
Prof. Dr.-Ing. W. Bader, Stuttgart-W., Markelstr. 20 1

Dr.-Ing. K. H. Brockmeier, i. Fa. Brown, Boveri & Cie. Deutscher Versuchsbau, Überwasserstr. 3

Ing. Heinrich Galhmann, Rundfunktechnisches Institut, Nürnberg, Tillystr. 42

Dr.-Ing. Werner F. Kussy, i. Fa. Rheostat, Dresden N. 23, G. B. Hainerstr. 130/132

Dr.-Ing. Hans Schiesser, Rundfunktechnisches Institut, Nürnberg, Tillystr. 42

Diesem Heft liegen ein Prospekt der Firma Dr.-Ing. Hans Ritz, Wandlerwerk, Hamburg 4, über Niederspannungsstromwandler und ein Prospekt des Springer-Verlages, Berlin, bei.

Abschluß des Heftes: 17. August 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung sind nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 90, Postfach 1144, Fernruf 1144.

Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 90, Postfach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 987 59.

Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halb), einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halb), zuzügl. Zustellgebühr.

Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

72. Jahrgang

Wuppertal, 15. September 1951

Heft 18

## Kurze oder lange Drehstrom-Asynchronmotoren?

Von Friedrich Weiß, Braunschweig

DK 621.313.333.002.2

**Übersicht.** Für die Bestimmung der Ständerbohrung und des Verhältnisses Länge zu Durchmesser werden in den theoretischen Unterlagen für den Entwurf von asynchronen Induktionsmotoren für Drehstrom durchweg Faustformeln angewendet, obwohl gerade diese Abmessungen nicht nur für das Verhalten des Motors im Betrieb, sondern auch auf den Motorpreis von ausschlaggebender Bedeutung sind. In dem vorstehenden Aufsatz wird nun auf bekannte, aus dem Heyland-Diagramm abgeleitete Gleichungen hingewiesen, die in abgewandelter Form in die Unterlagen eingebaut, die zweckmäßigsten Abmessungen für Größe und Wicklung für geforderte Betriebsverhältnisse erkennen lassen.

Im Electr. Engineering 1949, Seite 759 besprechen Lloyd, Trickey, Hough und Potter ungelöste Probleme beim Entwurf elektrischer Motoren<sup>1</sup> und weisen u. a. auf das Fehlen jener theoretischen Berechnungsgrundlagen hin, durch welche die Charakteristik des zu entwerfenden Asynchronmotors und damit der Grad der Erfüllung der gestellten Betriebsbedingungen vorausbestimmt werden kann.

Diese Feststellung ist zutreffend, aber sie ist auch verwunderlich, weil das Nachprüfen oder Kritisieren von ausgeführten Motormodellen die mannigfaltigsten Methoden kennt, um einmal aus der festgestellten einen Eigenart des Motors auf verschiedene andere Motoreigenschaften zu schließen, und um zum andern hieraus die Maßnahmen zu treffen, durch die das Motormodell zu der gewünschten Charakteristik abgewandelt werden kann.

Es ist im Elektromaschinenbau z. B. allgemein bekannt, daß sich Leerlauf- und Kurzschlußstrom quadratisch mit dem magnetischen Fluß ändern. Das heißt aber, daß durch Änderung des magnetischen Flusses die Größe des Leerlaufstromes, des Kurzschlußstromes und die Überlastbarkeit beeinflußt werden können, oder anders ausgedrückt, daß sich mit den linearen Abmessungen der Motorbohrung das Verhältnis des Kurzschlußstromes zum Nennstrom und das Verhältnis des Kippmomentes  $M_k$  zum Normalmoment  $M_n$  abändern lassen.

Trotz dieses Wissens um die Bedeutung des Verhältnisses der Bohrungslänge  $L$  zum Bohrungsdurchmesser  $D$  werden in der Entwurfsrechnung für die Bestimmung dieses Verhältnisses durchweg Faustformeln verwendet, die eine Motorcharakteristik garnicht berücksichtigen, besten Falles nur die eine Aufgabe zu haben scheinen, den Weg zur Entwicklung einer möglichst langen und damit in der Fertigung möglichst billigen Maschine freizulegen.

Diese Tendenz des Langbaues ist außer in Deutschland in einem ähnlichen Umfange nur noch in Rußland und Italien zu finden. In Amerika, wo im Gegensatz zu der bei uns gelübten Praxis der Motorkäufer die einzelnen Motoreigenschaften auch bei den relativ häufigeren Teillasten in die Erwägungen über die Wirtschaftlichkeit mit einbezieht und so fast immer mit der Nachprüfung dieser Eigenschaften gerechnet werden muß, überwiegt der kurz gebaute Motor bei weitem.

Der Motor mit dem relativ großen Durchmesser hat nun einmal diese Eigenschaft, daß er im Vergleich zu dem lang gebauten Motor den besseren Wirkungsgrad aufweist und diesen guten Wirkungsgrad selbst bei starker Überlastung beibehält, weil die Wirkungsgradkurve flacher verläuft. In

ähnlicher Weise wirkt sich der große Durchmesser auf den Leistungsfaktor aus. Das bedeutet aber, daß in sehr vielen Fällen das Antriebsmittel nur für die Teillast ausgelegt zu werden braucht und trotzdem der wirtschaftlichste Betrieb erreicht werden kann.

Es ist daher zur Einsparung von Anlage- und Betriebskapital nur zu wünschen, daß auch der europäische Motorkäufer und die nicht weniger interessierten Lieferanten der Arbeitsmaschinen auf eine bessere Anpassung der Motorcharakteristik an die Erfordernisse der Arbeitsmaschine nicht nur für den Anlauf, sondern auch für die Übernahme der Laststöße dringen und die Einhaltung dieser Forderungen auch nachprüfen.

Diese Charakteristik wird bildlich durch das bekannte Diagramm Moment  $M$  über Schlupf  $s$  dargestellt und für den klassischen Asynchronmotor analytisch durch die bekannte aus dem Heyland-Diagramm abgeleitete Gleichung ausgedrückt.

$$\frac{M}{M_k} = \frac{2 + 2c}{s s_k + s_k s + 2c} \quad (1)$$

In dem markanten Punkte des Anlaufes mit  $M = M_\tau$  und  $s = 1,0$ , sowie in dem der Nennlast mit  $M = M_n$  und  $s = s_n$  geht Gl. (1) über in

$$\frac{M_a}{M_k} = \frac{M_a}{M_n} \cdot \frac{M_n}{M_k} = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{2 + 2c}{1 s_k + s_k + 2c} \quad (2)$$

$$\frac{M_n}{M_k} = \frac{1}{\beta} = \frac{2 + 2c}{s_n s_k + s_k s_n + 2c} \quad (3)$$

In diesen Gleichungen sind  $\alpha = M_a/M_n$  das Verhältnis des Anlauf- zum Normalmoment,  $\beta = M_k/M_n$  das Verhältnis des Kipp- zum Normalmoment, auch Überlastbarkeit genannt. Endlich bedeutet noch

$$2c = \frac{2 I_{ki} R}{(1 + \sigma) U} \approx \frac{4 \beta I \cos \varphi R}{U} \quad (4)$$

Hierin sind  $I_{ki}$  der ideelle primäre Kurzschlußstrom,  $\sigma$  der totale Heylandsche Streufaktor und  $R$  der primäre ohmsche Phasenwiderstand, der auch die zusätzlichen Verluste berücksichtigt und dessen Größe für das Kippmoment ausschlaggebend ist.  $U$  ist die Anschlußspannung,  $I$  der Vollaststrom mit dem Leistungsfaktor  $\cos \varphi$ .

Aus diesen Gleichungen lassen sich für den zu entwerfenden Motor, für den ja  $M_a$ ,  $M_k$ ,  $M_n$ ,  $s_n$  vorgeschrieben sind, nacheinander die Werte ermitteln

$$s_k^2 + 2 \cdot \frac{\beta(\alpha - 1) s_n}{\beta - \alpha - \alpha s_n(\beta - 1)} \cdot s_k + \frac{s_n^2 \cdot (\beta - \alpha) - \alpha s_n(\beta - 1)}{\beta - \alpha - \alpha s_n(\beta - 1)} = 0 \quad (5)$$

$$2c = \frac{s_n s_k + s_k s_n - 2 \beta}{\beta - 1} = \frac{\alpha s_k + \alpha s_k - 2 \beta}{\beta - \alpha} \quad (6)$$

$$R = \frac{2c U}{4 \beta I \cos \varphi} \quad (7)$$

<sup>1</sup> s. ETZ 71 (1950) S. 18.



Dieser ohmsche Widerstand  $R$  ist eigentlich die einzige Größe, auf deren äußere Form der Konstrukteur etwas Einfluß nehmen darf, wenn der Motor eine bestimmte Charakteristik zeigen soll. Sie ist aber auch in jedem Falle eine Funktion der Bohrungslänge und des Bohrungsdurchmessers.

Wenn statt des Durchmessers  $D$ , der von der Polpaarzahl  $p$  abhängig ist, die für die ganze Betrachtung günstigere Polteilung  $\tau = \pi D/2p$  und statt der Bohrungslänge  $L$  die Umschreibung  $L = a l$  in die Rechnung eingeführt wird, wobei  $a$  das Verhältnis der wahren zur ideellen Bohrungslänge ausdrückt, kann der Widerstand  $R$  auch geschrieben werden

$$R = \frac{\varepsilon \rho}{q} \cdot \frac{2 w (a \cdot 1 + b \tau)}{100} \quad (8)$$

Hierin sind  $\varepsilon$  der Faktor, der die zusätzlichen Verluste berücksichtigt,  $\rho$  der spezifische Widerstand des Leitermaterials bei Betriebstemperatur,  $w$  die Windungszahl je Phase und endlich  $b$  eine von der Betriebsspannung und von der Geschwindigkeit des Ankerwicklers abhängige Größe.  $b \tau$  gibt dann die Durchschnittslänge für den Wickelkopf an.

Gl. (8) nach  $l$  aufgelöst ergibt

$$l = \frac{100 q R}{2 \varepsilon \rho a w} - \frac{b \tau}{a} \quad (9)$$

Aus den sonst verwendeten Unterlagen wird aus den bekannten Grundgleichungen

$$\Phi = \frac{U - I_m X}{C_1 \xi f w} \cdot 10^8 \quad (10)$$

$$\Phi = \frac{2}{\pi} B l \tau \quad (11)$$

$$A = \frac{3 w I}{p \tau} \quad (12)$$

$$j = I/q \quad (13)$$

die Gleichung für  $l$  übernommen und Gl. (9) gleichgesetzt, vorher jedoch noch mit Hilfe von Gl. (12) und (13) der Querschnitt  $q$  und die Windungszahl  $w$  aus (9) eliminiert:

$$l = \frac{C_2 I U}{I p A B \tau^2} = \frac{C_3 \cdot I^2 \cdot R}{\varepsilon \rho \tau a j p A} - \frac{b \tau}{a} \quad (14)$$

In diesen Gleichungen ist  $\Phi$  der Fluß des sinusförmigen Feldes, das im Luftspalt eine Kraftliniendichte mit der Amplitude  $B$  aufweist,  $U - I_m X$  ist die übrigbleibende elektromotorische Gegenkraft, die als fester Teilwert der Anschlußspannung  $U$  in die Rechnung eingehen kann,  $\xi$  ist der Wicklungsfaktor der Grundharmonischen des Ständerfeldes, der als Konstante einzusetzen ist,  $f$  die Frequenz der Anschlußspannung,  $w$  die Windungszahl einer Ständerphase,  $A$  der Strombelag mit dem Strom  $I$  in den Windungen,  $q$  der Leiterquerschnitt in  $\text{mm}^2$ , der die Stromdichte  $j$  in  $\text{A}/\text{mm}^2$  aufweist. Endlich sind  $C_1$  und  $C_3$  zwei von der Schaltung abhängige,  $C_2$  eine von der Schaltung des Motors unabhängige Konstante.

Durch Differentiation dieses Gleichungspaares (14) ergibt sich ein zweites Paar, mit dessen Hilfe der von der Handfertigkeit abhängige Faktor  $b$  zunächst einmal eliminiert und der Notwendigkeit der Lösung einer kubischen Gleichung aus dem Wege gegangen werden kann:

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{-2 C_2 I U}{I p A B \tau^3} = \frac{-C_3 I^2 R}{\varepsilon \rho \tau^2 a j p A} - \frac{b}{a} \quad (15)$$

Durch Zusammenfassung der Gl. (14) und (15) ergibt sich dann der angestrebte und überraschend einfache Wert für die Polteilung  $\tau$ , der, wie die Praxis zeigt, im großen und ganzen nur von der Charakteristik des Motors abhängt:

$$\tau = \frac{C_4 \varepsilon \rho a j}{I B} \cdot \frac{U}{I R} = C_5 \frac{U}{I R} = C_6 \frac{\beta}{2C} \cdot \cos \varphi = C_6 \cdot \frac{\beta(3 - \alpha)}{\alpha/s_k + \alpha s_k - 2\beta} \cdot \cos \varphi \quad (16)$$

Der Wert  $C_4 \varepsilon \rho a j / I B$  darf, wie es in der Gl. (16) geschehen ist, tatsächlich als eine Konstante  $C_5$  gewertet wer-

den, solange keine grundsätzlich neuen Aktivmaterialien in den Elektromaschinenbau eingeführt werden. Eine Nachprüfung an einer Reihe in Stern geschalteter Motoren für eine Netzfrequenz 50 Hz hat nämlich ergeben, daß  $C_5$  nur bei ausgefallenen Typen außerhalb der Werte 0,20...0,02 liegt. Dabei hatten die Motoren ganz verschiedenen Ursprung, wiesen Leistungen zwischen 2,2 und 3200 kW auf und bestrichen mit ihren Drehzahlen einen Bereich von 428 bis 3000 U/min.

Die Feststellung, daß  $U/I R$  der allein variable Teil der Gleichung ist, bedeutet aber nichts anderes wie die eingangs erwähnte Tatsache, daß die Motorcharakteristik durch die lineare Abmessung der Bohrung bestimmt wird, und daß nur dieser Umstand es ermöglicht, gleiche Blechschnitte für verschiedene Leistungen, aber für gleiche Charakteristiken zu verwenden, also Serienfabrikation durchzuführen. Es ist dabei nur dafür zu sorgen, daß auch bei der Längenabmessung des Motormodells der Ausdruck  $U/I R$  seinen konstanten Wert behält.

Für das bisherige Entwurfsschema ungewöhnlich, zu den Ergebnissen der Praxis aber übereinstimmend mag die Feststellung wirken, daß schließlich in Gl. (16) für die Polteilung und damit für den Durchmesser  $D$  weder die Spannung  $U$ , noch der Strombelag  $A$  erscheinen.

Die sonst angewendete Rechenmethode verläuft nun ganz logisch, wenn sie auf der einen Seite die Amperezahl je Zentimeter Bohrungsumfang ganz nach Gefühl oder nach der sogenannten Erfahrung annimmt und auf der anderen Seite nicht wahr haben will, daß durch diese willkürliche Annahme von  $A$  Wicklung und Gestell in einem Umfange festgelegt werden, der die Möglichkeit der Beeinflussung der Vorausbestimmung des zweckmäßigsten Motormodells von vornherein ausschaltet.

Der Strombelag  $A$  ist eine sich aus der Konstruktion ergebende, aber nicht die Konstruktion bestimmende Größe. Sie kann berechnet werden, wenn vorher die Realisierbarkeit der theoretischen Erwägungen durch die Überprüfung der Leistungsfähigkeiten der Werkstätten mit der Festlegung des Faktors  $b$  festgestellt worden ist. Für Zweipol- und Dreipolmaschinen hat  $b$  die Größenordnung von

$$b = 1,7 + \frac{0,002 U + 10}{\tau}$$

Nach dieser Selbstkritik kann der Strombelag bestimmt werden, damit er ein Kriterium für die bisher geleistete Entwurfsarbeit abgibt. Nach Gl. (14) wird

$$A = \frac{a I}{b p \tau^2} \cdot \left[ \frac{C_3 I R}{\varepsilon \rho a j} - \frac{C_2 U}{I B \tau} \right]$$

Nach Erfüllung dieser Voraussetzungen ist die Ermittlung der Bohrungslänge  $L = a l$  aus einer der Gleichungen (14) und die Bestimmung des Verhältnisses Länge zu Durchmesser möglich. Dabei zeigt es sich, daß über kurze oder lange Motorausführung nur die Motoreigenschaften entscheiden, die der Motorkäufer für den Antrieb seiner Arbeitsmaschinen fordert. Das bedeutet aber, daß nicht der Motorkonstrukteur, sondern die Forderung auf Schonung der Arbeitsmaschine und die ebenso wichtige Forderung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes die Entscheidung über die Verteilung des Aktivmaterials im Raume bei dem Bau von Asynchronmaschinen fällen, oder wie in Amerika auch bei Europa eines Tages fällen werden.

### Zusammenfassung

Bisher war es üblich, das Heyland-Diagramm für die Auswertung der bereits ausgeführten Motormodelle zu benutzen. Der Aufsatz sollte nun zeigen, daß es ebenso möglich ist, das Heyland-Diagramm für die Vorausbestimmung des klassischen Asynchronmotors zu verwenden. Dabei stellte es sich heraus, daß über das Verhältnis Bohrungslänge zu Motordurchmesser allein die heute so wenig beachtete Motorcharakteristik entscheidet.

# Neues Verfahren zur Messung der Hochfrequenz-Wirkleistung bei selbsterregten Sendern\*

Von Fritz Alf, Remscheid

DK 621.317.382.029.58

**Übersicht.** Das nachfolgend beschriebene Verfahren ermöglicht es für die Praxis einfachen Mitteln die Wirkleistung zu ermitteln, die von einem selbsterregten Röhrengenerator abgegeben wird. Die mathematischen Gesetzmäßigkeiten der Anordnung werden angegeben; die praktische Anwendbarkeit wird beschrieben.

Die in der Hochfrequenztechnik üblichen Meßverfahren zeichnen sich dadurch aus, daß sie gegenüber denen der normalen Gleichstrom- und Netzfrequenztechnik erheblich mehr Aufwand erfordern und bestimmte Verfahrenstechniken angewandt werden müssen, um zu einigermaßen brauchbaren Ergebnissen zu kommen. Selbst die normalen Strom- und Spannungsmessungen gestalten sich schon schwierig, besonders aber die Wirkleistungsmessung. Es sind einige Verfahren angegeben worden, die praktisch nur sehr geringe Bedeutung gewonnen haben. Der Grund kann darin gesehen werden, daß die angegebenen Verfahren in einem Laboratorium zwar realisierbar sind, sich aber für die direkte Leistungsanzeige eines einstufigen Röhrensenders, z. B. für industrielle Zwecke, nicht eignen.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Leistungsmeßverfahren ist es dagegen möglich, mit einem normalen Leistungsmesser der Gleich- oder Netzfrequenztechnik ohne Umschaltung von besonderen Gleichrichtern die Hochfrequenz-Wirkleistung zu messen, die die schwingende Röhre an die nachfolgende Schaltung, oder die der ganze Generator an den nachfolgenden Verbraucherwiderstand abgibt. Die Meßgrößen, die reine Gleichstromwerte sind, werden an der Röhre selbst ermittelt. Es handelt sich also nur darum, den mathematisch-physikalischen Zusammenhang zu erkennen, der zwischen den Wechselstromgrößen des schwingenden Systems einerseits und den an den Röhrenkennlinien durch diese Wechselspannungen erzeugten Gleichspannungen besteht. Diesen Zusammenhang soll die nachfolgende mathematische Betrachtung zeigen. Die von einer Röhre an einen angeschlossenen Außenwiderstand abgegebene Leistung ist:

$$P_a = \frac{1}{2} U_a^* I_a^* \quad (1)$$

$U_a^*$  Amplitude der am Außenwiderstand abfallenden Anodenwechselspannung

$I_a^*$  Amplitude des Anodenwechselstromes.

Diese Gleichung gilt nur dann, wenn der Außenwiderstand reell ist, d. h. wenn zwischen  $U_a^*$  und  $I_a^*$  kein Phasenwinkel besteht. Bei einem angeschlossenen Schwingkreis, der in seiner Eigenfrequenz erregt wird, ist der Außenwiderstand reell, so daß kein Phasenwinkel berücksichtigt werden muß.

Für das Verständnis der folgenden mathematischen Beziehungen ist die Kenntnis der Schaltung notwendig, die in Bild 1 wiedergegeben ist. Das hier gebrachte Verfahren ist nur anwendbar für Röhrensender, die ihre Schwingungsamplitude durch Widerstand-Kondensatorglied (RC-Glied) am Gitter begrenzen. Diese Schaltungsanordnung wird heute aber ganz allgemein verwendet. Ferner ist angenommen, daß die Spulenhälften, an denen einerseits  $U_a^*$  und  $I_a^*$  andererseits abfällt, mit dem gesamten Nutzfluß der Spule verkettet

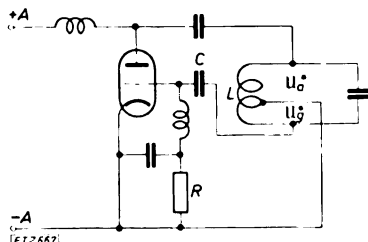


Bild 1. Schaltung eines Dreipunktzylators mit Begrenzung der Schwingungsamplitude durch RC-Glied am Gitter.

ist nur anwendbar für Röhrensender, die ihre Schwingungsamplitude durch Widerstand-Kondensatorglied (RC-Glied) am Gitter begrenzen. Diese Schaltungsanordnung wird heute aber ganz allgemein verwendet. Ferner ist angenommen, daß die Spulenhälften, an denen einerseits  $U_a^*$  und  $I_a^*$  andererseits abfällt, mit dem gesamten Nutzfluß der Spule verkettet

sind, d. h. daß  $U_a^*$  und  $I_a^*$  in einem bestimmten Verhältnis (Rückkopplungsfaktor) zueinander stehen, daß sich auch durch Laständerungen nicht oder kaum ändert. Dann gilt:

$$M = - U_a^* / U_g^* \quad (2)$$

$$U_a^* = -(1/M) U_g^* \quad (3)$$

$M$  Rückkopplungsfaktor  
 $U_g^*$  Amplitude der Gitterwechselspannung.

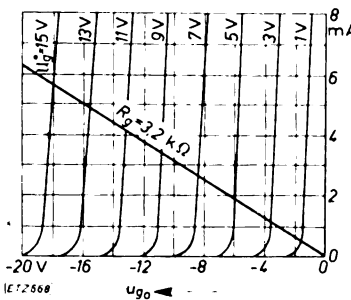


Bild 2. Das Gitterkennlinienfeld einer Triode bei konstanter Anodengleichspannung mit eingezeichnetem Widerstandsgeraden für den Gitterwiderstand.

Die durch die Wirkung der Gitterkombination des Kondensators C in Verbindung mit dem Widerstand R greifen die positiven Amplituden der Gitterwechselspannung am Gitter in das Gebiet positiver Gitterspannung hinein, wodurch ein Gitterstrom und am Widerstand R ein negativer Spannungsabfall erzeugt wird. Die Größe des Gitterstromes ist einerseits von der Größe der Gitterwechselspannung abhängig, andererseits auch von der Größe des Gitterwiderstandes. Aus dem Gleichrichter-kennlinienfeld für das Gitter der Röhre (Bild 2) läßt sich der Zusammenhang zwischen  $u_{g0}$  und  $U_g^*$  konstruieren. Diese Konstruktion ergibt die in Bild 3 dargestellte Funktion  $U_g^* = f(u_{g0})$ , die in Gebieten von Gitterwechselspannungen größer als rd. 1 V einen linearen Zusammenhang zwischen  $U_g^*$  und  $u_{g0}$  erkennen läßt. Dieser Zusammenhang ist mathematisch durch folgende Funktion ausdrückbar.

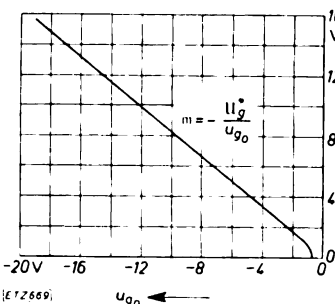


Bild 3. Aus Bild 2 konstruierte Beziehung zwischen der Gitterwechselspannung und der dadurch bedingten Gleichspannung am Gitter.

$$m = - \frac{U_g^*}{u_{g0}} \quad (4)$$

$$U_g^* = - m u_{g0} \quad (5)$$

Die in Bild 2 und 3 dargestellten Funktionen, sowie die sich daraus ergebenden Gleichungen (4) und (5) gelten jedoch nur dann, wenn bei der Röhre innerhalb des Tankschen Gebietes gearbeitet wird. Bild 4 zeigt die Abhängigkeit des Gitterstromes von der Anodenspannung. Im Tankschen Gebiet arbeitet man dann, wenn der Gitterstrom praktisch von der Anodenspannung unabhängig ist, d. h. im Gebiet höherer Anoden-

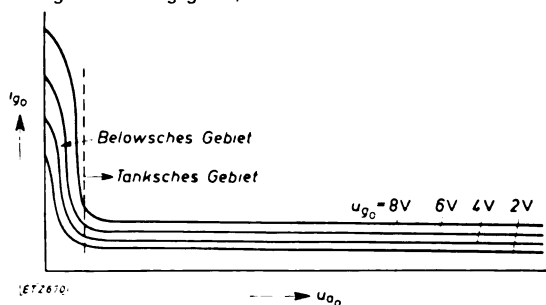


Bild 4. Die Abhängigkeit des Gittergleichstromes von der Anodengleichspannung bei einer Triode.

\* DRPa.

spannungen erst dann, wenn die Spannung an der Anode etwa gleich groß oder kleiner wird als die Gitterspannung, nimmt das Gitter Strom auf. Die an der Kathode austretenden Elektronen landen nicht mehr auf der Anode, sondern hauptsächlich auf dem Gitter (Gebiet der Belowschen Stromübernahme). In diesem Gebiet sind obige Funktionen nicht mehr gültig.

In der angegebenen Senderschaltung tritt dieser beschriebene Zustand im normalen Betrieb nicht auf, sondern höchstens im Leerlauf. Im Leerlauf ist der Außenwiderstand sehr hoch, an ihm baut sich eine sehr hohe Anodenwechselspannung auf, so daß die Amplitude der Anodenwechselspannung größer werden kann als die anliegende Anodengleichspannung. (Überspannter Zustand). In Bild 5 ist dieser Zustand in Kurvenform dargestellt.

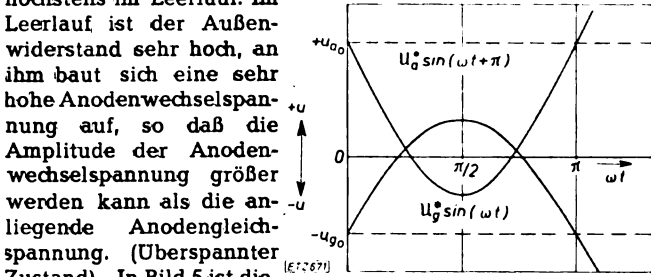


Bild 5. Phasenlage der Gitterwechsel- und Anodenwechselspannung zueinander.

Daraus ist ersichtlich, daß zur Zeit der negativen Amplitude der Anodenwechselspannung am Gitter die positive Amplitude der Gitterwechselspannung liegt. Das bedeutet, daß für diesen Augenblick die Spannung am Gitter höher ist als an der Anode. Wird mit  $\eta$  die Spannungsausnutzung bezeichnet, und dieser Faktor so definiert, daß er das Verhältnis von Anodenwechselspannung zu Anodengleichstrom darstellt, d. h.

$$\eta = \frac{U_a^*}{U_{a0}} \quad (6)$$

so ist der in Gl. (4) definierte Faktor  $m$  eine Funktion von  $\eta$ . Bild 6 gibt den Verlauf dieser Funktion an.

Wie schon oben angedeutet, ist  $m$  außer im Leerlauf für eine bestimmte Schaltung als konstant anzusehen. Der Wert von  $\eta = 0,9$ , bei dem  $m$  beginnt kleiner zu werden, wird im praktischen Betrieb nur bei sehr kleiner Last erreicht, die dem Leerlauf gleichzusetzen ist. Diese Überlegungen zeigen, daß der Faktor  $m$  für die praktisch vorkommenden Belastungsfälle als Konstante angesehen werden kann. Unter dieser Voraussetzung wird:

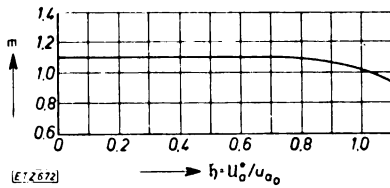


Bild 6. Die Abhängigkeit des Faktors  $m$  von der Spannungsausnutzung der Röhre bzw. dem „überspannten Zustand“.

die dem Leerlauf gleichzusetzen ist. Diese Überlegungen zeigen, daß der Faktor  $m$  für die praktisch vorkommenden Belastungsfälle als Konstante angesehen werden kann. Unter dieser Voraussetzung wird:

$$U_a^* = -\frac{1}{R} U_g^* + \frac{1}{R} m U_{a0} = \frac{m}{R} U_{a0} \quad U_a^* = \frac{m}{R} U_{a0} \quad (7)$$

Die Größe der Anodenwechselspannung ist also sofort aus der sich einstellenden Gittervorspannung am Gitterwiderstand  $R$  zu ermitteln.  $m$  und  $R$  sind konstante Größen, die einmalig, wie beschrieben, bestimmt werden können.

Auch die Größe des Anodenwechselstromes läßt sich aus einer Gleichstromgröße bestimmen. Nach der Theorie der Senderverstärker<sup>1</sup> ergeben sich folgende Beziehungen:

$$I_{a1}^* = \frac{f(\theta)}{\psi(\theta)} \cdot i_{a0} \quad (8)$$

$I_{a1}^*$  Amplitude der Grundwelle des Anodenwechselstromes  
 $i_{a0}$  = Anodengleichstrom

$f(\theta)$  = Funktion, die vom Stromflußwinkel  $\theta$  abhängig ist, bei dem der Sender arbeitet.

Nun ist zu untersuchen, ob  $f(\theta)/\psi(\theta)$  als Konstante angesehen werden kann. Den Verlauf dieser Funktion in Abhängigkeit vom Stromflußwinkel zeigt Bild 7. Die mathematische Funktion ist gegeben durch die Gleichung:

$$\frac{f(\theta)}{\psi(\theta)} = \frac{\theta - \cos \theta \sin \theta}{\sin \theta - \theta \cos \theta} \quad (9)$$

<sup>1</sup> Rothe-Kleen: Elektronenröhren als End- und Senderverstärker. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1940.

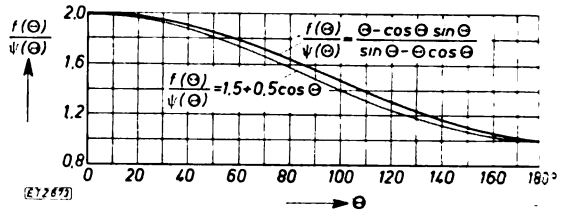


Bild 7. Die Abhängigkeit der Funktion  $f(\theta)/\psi(\theta)$  vom Stromflußwinkel  $\theta$ .

Diese komplizierte Form läßt sich durch folgende, für praktische Rechnung wesentlich einfachere Gleichung wiedergeben:

$$f(\theta)/\psi(\theta) = 1,5 + 0,5 \cos \theta.$$

Der Verlauf dieser Ersatzfunktion ist in Bild 7 ebenfalls wiedergegeben, um die Differenz zwischen der von Rothe und Kleen angegebenen Funktion Gl. (9) und der durch Gl. (10) wiedergegebenen Ersatzfunktion zu kennzeichnen.

Nun ist ferner:  $\cos \theta = -\frac{u_{g0} + D u_{a0}}{U_g^* - D U_a^*}$

Diese Gleichung berücksichtigt nicht den vektoriellen Charakter zwischen der Richtung der Vektoren  $U_g^*$  und  $U_a^*$ . Sollten diese berücksichtigt werden, so muß die Gleichung folgendes lauten, da  $U_g^*$  und  $U_a^*$  stets in Gegenphase sind

$$\cos \theta = -\frac{u_{g0} + D u_{a0}}{U_g^* + D U_a^*}$$

Werden in Gleichung 12 die Funktionen 5 und 7 eingesetzt, so ergibt sich schließlich:

$$\frac{f(\theta)}{\psi(\theta)} = 1,5 + \frac{0,5}{m} \frac{1 - D \frac{u_{a0}}{|u_{g0}|}}{1 - D \frac{1}{R}}$$

Der Wert des Bruches  $\frac{1 - D \frac{u_{a0}}{|u_{g0}|}}{1 - D \frac{1}{R}}$  schwankt in der Praxis zwischen 0,80 und 0,95. Da die mit Gl. (10) gebrachte Nennungsformel, wie sie aus Bild 7 abgeleitet ist, Werte ergibt, die unterhalb der tatsächlichen Kurve liegen, hat sich in der Praxis ergeben, daß für Gl. (13) die folgende Formel abschließend brauchbar ist:

$$f(\theta)/\psi(\theta) = 1,5 + 0,5/m$$

Damit wird zum Teil der Fehler, der durch die Näherungstritt, behoben. Die Praxis hat ergeben, daß  $f(\theta)/\psi(\theta)$  den tatsächlichen Wert nicht mehr als 3...4% abweicht.  $f(\theta)/\psi(\theta)$  kann also als Konstante bei gegebenem Gitterwiderstand und konstanter Anodengleichspannung angesehen werden. Der Wert der Amplitude der Grundwelle des Anodenwechselstromes:

$$I_{a1}^* = \left(1,5 + \frac{0,5}{m}\right) i_{a0}$$

Somit wird die von der Röhre an die angeschlossene Schaltung abgegebene Leistung:

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} U_a^* \cdot I_{a1}^* = \frac{1}{2} \frac{m}{R} |u_{g0}| \left(1,5 + \frac{0,5}{m}\right) i_{a0} \\ &= \frac{1}{2} \frac{m}{R} \left(1,5 + \frac{0,5}{m}\right) i_{a0} \cdot |u_{g0}| = \frac{1}{4} \frac{m}{R} (3m + 1) i_{a0}^2 \\ &= K_1 \cdot i_{a0}^2 |u_{g0}| \end{aligned}$$

Praktisch wird jetzt die in Gl. (16) angegebene, veränderliche Leistung der Hochfrequenzleistung in der Form gemessen, daß ein normales Leistungsmessgerät üblicher Bauart, z. B. Dynamometer, so angeschlossen wird, daß im Spannungspfad die Gittervorspannung

im Strompfad der Anodengleichstrom gemessen wird. Zur Eichung des Meßinstrumentes ist die einmalige Bestimmung der Konstanten  $K_1$  gemäß Gl. (16) erforderlich.

Die so bestimmte Hochfrequenz-Wirkleistung deckt die Leistung, die an den Behandlungskörper abgegeben wird, also die Nutzleistung, die bei selbsterregten Sendern erforderliche Gitterleistung und die Schwingkreis-Verlustleistung. Die Verluste auf der Zuleitung können in den meisten Fällen bei sorgfältiger Bemessung vernachlässigt werden. Die Leistung im Behandlungskörper ist also:

$$\mathcal{R}_N = \mathcal{R}_a - (\mathcal{R}_g + \mathcal{R}_K) \quad (17)$$

- $\mathcal{R}_a$  Leistung, die die Röhre abgibt
- $\mathcal{R}_g$  Gitterleistung
- $\mathcal{R}_K$  Schwingkreisverlustleistung
- $\mathcal{R}_N$  Nutzleistung.

Die Gitterleistung ist:

$$\mathcal{R}_g = (1/R_g) u_{g0}^2 \quad (18)$$

$R_g$  Gitterwiderstand.

Die Schwingkreisverluste können im Leerlauf ermittelt werden und ergeben sich, wie folgt:

$$\mathcal{R}_K = \frac{1}{R_\rho} \cdot \frac{u_a^2}{2} = \left(\frac{m}{\mathcal{R}}\right)^2 \cdot \frac{1}{2 R_\rho} \cdot u_{g0}^2 = \frac{1}{2 R_\rho} \left(\frac{m}{\mathcal{R}}\right)^2 \cdot u_{g0}^2 \quad (19)$$

$R_\rho$  Resonanzwiderstand des Schwingkreises im Leerlauf. Die gesamte Verlustleistung wird somit:

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_v &= (\mathcal{R}_g + \mathcal{R}_K) = \frac{1}{2 R_g} \left(\frac{m}{\mathcal{R}}\right)^2 \cdot u_{g0}^2 + \frac{1}{R_\rho} \cdot u_{g0}^2 \\ &= \left[ \frac{1}{2 R_g} \left(\frac{m}{\mathcal{R}}\right)^2 + \frac{1}{R_\rho} \right] \cdot u_{g0}^2 \end{aligned} \quad (20)$$

Auch diese in Gl. (20) angegebene Verlustleistung läßt sich mit einem normalen Leistungsmeßgerät ermitteln. Um dieses nicht gesondert fertigen zu lassen, wird  $u_{g0}^2$  zweckmäßig aufgeteilt in  $u_{g0}^2 = u_{g0} i_{g0} R_g$ . Somit wird

$$\mathcal{R}_v = \left[ \frac{R_g}{2 R_\rho} \left(\frac{m}{\mathcal{R}}\right)^2 + 1 \right] \cdot i_{g0} \cdot u_{g0} = K_s \cdot i_{g0} \cdot u_{g0} \quad (21)$$

Dem Strompfad des Leistungsmeßgerätes wird der Gitterstrom, dem Spannungspfad die Gittervorspannung zugeführt.

Die Gesamtleistung kann auf einer einzigen Skala angezeigt werden, wenn beide Meßgeräte ihr Drehmoment auf eine Achse übertragen. Dabei sind die jeweiligen Strom- und Spannungspfade der einzelnen Instrumente so zu schalten, daß das erste Instrument mit positivem Drehmoment die Leistung der Oszillatorröhre anzeigt und das zweite Instrument mit negativem Drehmoment die Verlustleistung der Schaltung. Instrumente dieser Art sind im Handel erhältlich. Sie werden zur Leistungsmessung in der bekannten Aronschaltung in Drehstromnetzen benötigt.

Bild 8 zeigt die Gesamtschaltung für die Leistungsmessung, wie sie in einfacher Form bei selbsterregten Sendern

angewandt werden, ganz gleich, für welchen Zweck diese eingesetzt sind. Die Schaltung zeigt einen einstufigen, sog. Hartley-Oszillator, bei dem die beiden Leistungsmeßgeräte in der oben beschriebenen Form eingeschaltet sind.

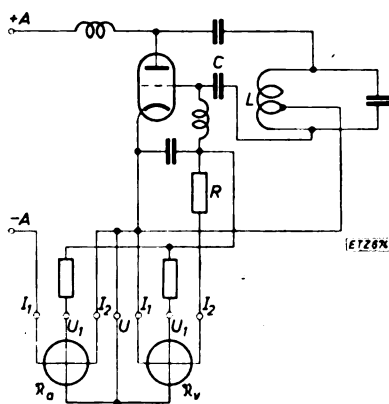


Bild 8. Die Schaltung des Leistungsmeßgerätes innerhalb der Senderschaltung.

Das vorstehend beschriebene Meßverfahren hat sich im praktischen Betrieb gut bewährt. Der Aufwand ist gering, das Meßgerät läßt sich auch nachträglich noch in vorhandene Generatoren einbauen.

Die Genauigkeit des Verfahrens ist aus den dargelegten Gründen nicht absolut. Jedoch hat die Praxis ergeben, daß bei normalen Betriebsfällen eine Meßgenauigkeit von

maximal 5 ... 7% auftritt. Ein solcher Fehler kann aber bei Industriegeneratoren, wie sie beispielsweise für Hochfrequenz-Erwärmungszwecke oder elektromedizinische Zwecke benutzt werden, durchaus in Kauf genommen werden. Im Hinblick auf den überspannten Zustand steigt der Meßfehler im Leerlauf auf rd. 10 ... 15%, jedoch interessiert dieser Betriebsfall für die Praxis nicht. Dieses Leistungsmeßverfahren wird es ermöglichen, künftig Hochfrequenzgeneratoren mit anzeigenden Hochfrequenz-Wirkleistungsmessern zu versehen. Der besondere Vorteil liegt in der Einfachheit des Verfahrens, sowie in der völligen Frequenzunabhängigkeit bis zu höchsten Frequenzen, bei denen sich Laufzeiteffekte noch nicht auswirken.

**Zusammenfassung**

Die Benutzung von Hochfrequenzenergie für industrielle Zwecke ergab die Forderung nach einem Leistungsmeßverfahren, welches ermöglicht, mit relativ einfachen Mitteln die Hochfrequenzwirkleistung zu messen, die von einem Röhrengenerator an das Behandlungsobjekt abgegeben wird.

Das in der vorliegenden Veröffentlichung gebrachte Verfahren benutzt den mit der Schwingungserzeugung verbundenen Gleichrichtereffekt am Gitter der Röhre selbst, um Gleichstromgrößen zu schaffen, die der abgegebenen Leistung proportional sind, und die es ermöglichen, mit einem üblichen Produktenmeßgerät sofort die Hochfrequenzwirkleistung anzuzeigen. Das gebrachte Verfahren zeichnet sich durch besondere Einfachheit hinsichtlich des meßtechnischen Aufwandes und der Anwendung aus. Handelsübliche Meßgeräte (verwandt werden zwei Wattmeter, wie man sie für die bekannte Aronschaltung anwendet) sind auch nachträglich noch in vorhandene Generatoren einzubauen, wenn ihre Schaltung eine Schwingungstabilisierung durch Audionschaltung vorsieht. Die Meßgenauigkeit liegt bei normalem Betrieb bei rd. 5 ... 7%. Bis zu Frequenzen, bei denen noch keine Laufzeiteffekte auftreten, ist das Verfahren praktisch frequenzunabhängig.

**Lüftung von Transformatorenkammern**

DK 621.314.211 : 697.9

Ein früher angegebenes Verfahren<sup>1</sup> zur Berechnung des Abluftkanals von Transformatorenkammern ließ die Fragen nach dem günstigsten Verhältnis von Höhe zu Querschnitt des Abluftkanals und dem günstigsten Verhältnis des Querschnitts des Abluftkanals zum Querschnitt des Zuluftkanals unbeantwortet. Diese Verhältnisse werden einer näheren Betrachtung unterzogen<sup>2</sup>. — Die Ergebnisse sind: 1) Die Notwendigkeit einer ausreichenden Lüftung bedingt nach der früheren Arbeit einen bestimmten Mindestwert des Produk-

tes aus der Höhe des Abluftkanals und dem Quadrat des Querschnitts. Im Rahmen der baulichen Möglichkeiten ist es vorteilhaft, dieses Produkt so aufzuteilen, daß die Höhe möglichst klein wird. — 2) Für das Verhältnis des Querschnitts des Abluftkanals zum Querschnitt des Zuluftkanals gibt es einen günstigsten Wert, der abhängig ist vom Verhältnis der Länge des Zuluftkanals zur Höhe des Abluftkanals und dem Verhältnis der „Widerstandswerte“ des Zu- und Abluftkanals. Der günstigste Wert kann einem Kurvenbild entnommen werden; von ihm kann man jedoch nach oben oder unten erheblich abweichen, ohne große Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Ab

<sup>1</sup> F. Sieber und F. Heiles: Lüftung von Transformatorenkammern. ETZ 50 (1929) S. 1623.  
<sup>2</sup> F. Heiles: Z. Elektrotechn. 3 (1950) S. 42.

## Die Bedeutung des Kohleverbrauches bei der Frage: Gas- oder Elektrowärme im Haushalt

Von H. Solling, Nürnberg

DK 620.98 : 621.344.4 : 417

**Übersicht.** Es wird gezeigt, daß die G.V.U. viel zu günstig für die Gasversorgung rechnen, wenn sie beim Elektrokochen einen zwei- bis dreifach größeren Kohleverbrauch annehmen. Dieser Kochmehrverbrauch beträgt rund 20%. Der gesamte Kohleverbrauch des Haushaltes ist bei Elektrokochen um rund 5% größer als bei Gaskochen.

Die Vertreter des Gases begründen die Gasversorgung des Haushaltes für Kochen und Warmwasserbereiten damit, daß sie angeben: Der Kohleverbrauch bei Elektrokochen ist zwei- bis dreimal größer als bei Gaskochen. Da die Kohlevorräte in Deutschland nur sehr knapp sind, ist es volkswirtschaftlich nicht zu verantworten, das Elektrokochen zu fördern. — Ganz davon abgesehen, daß die Begründung durch den Kohleverbrauch zu einseitig gesehen ist und nach Hamerschmidt [20] volkswirtschaftliche Überlegungen auch die anderen Produktionsfaktoren wie Arbeit und Kapital als produzierte Produktionsmittel berücksichtigen müssen und daher volkswirtschaftliche Betrachtungen nur über die Geldrechnung durchgeführt werden können, ist die Berechnung des Kohlebedarfes viel zu günstig für das Gaskochen durchgeführt.

Der Kohlebedarf für das Kochen wird im allgemeinen über den gesamten Versorgungswirkungsgrad, d. h. den gemeinsamen Wirkungsgrad von der Erzeugung über den Transport und die Verteilung bis zur Verwendung des Energieträgers berechnet. Welcher Wirkungsgrad nun von dem einzelnen Verfasser angenommen wird, zeigt die Tafel 1. In ihr sind auch noch Mittelwerte aufgetragen. Wie aus der Tafel zu ersehen ist, bestehen keine großen Unterschiede in den Auffassungen der einzelnen Verfasser. Diese sind eigentlich nur beim Kohlekochen und beim Kohleheizen vorhanden. Mit Hilfe dieser Werte wurde und wird dann der Versorgungswirkungsgrad und der Kohlemehrverbrauch errechnet.

Der Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung wird von fast allen Verfassern zu gering angesetzt. Für moderne Großkraftwerke liegt er für einen Wärmeverbrauch von rund 3000 kcal/kWh bei 29%, während die Verfasser den Wirkungsgrad mit rund 20% angeben. Das ist allerdings ein Wert, den viele ältere Werke noch besitzen. Den weiteren Berechnungen wurde ein Wert von 26% zugrunde gelegt.

Der Wirkungsgrad der Gaserzeugung wird mit 70...86% angegeben. Ein guter Mittelwert dürfte bei rund 75% liegen. Gegen die Höhe dieses mittleren Wirkungsgrades der Gaserzeugung ist nichts einzuwenden. Ist es aber richtig, die Verluste allen Kuppelprodukten mit dem gleichen Prozentsatz anzurechnen? Muß diese Art der Zurechnung nicht zu falschen Ergebnissen führen? Sie führt auch dazu, wie noch nachgewiesen wird.

Es tritt bei der wärmewirtschaftlichen Berechnung und bei der Verteilung der Verluste auf die Kuppelprodukte das gleiche Problem der Zurechnung auf, das allgemein bei der Kostenberechnung der Kuppelprodukte gegeben ist. Nur ist es bei der Kosten-

berechnung leichter, zu einer wertmäßigen Zurechnung der Gemeinkosten zu kommen, da der Markt die Kuppelprodukte bewertet und deren Preis sich aus dem Markt ergibt. Die

Verhältnis d. Aufwandes Kohle = 1 Gas = 1	Kohle		Gas		Elektrizität		Kohle		Gas		Elektrizität		Kohle, Koks		Gas		Elektrizität		Dampf
	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	Mittelwert	Erzeugung u. Transport	
1	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95
1,45	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75
0,7	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25
1,0	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80
1,06 bzw. 2,3	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80
0,35	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
1,41 bzw. 0,97	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95
1	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75
1,03	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25
0,6	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80
1,9 bzw. 2,7	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95
1,9	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75
0,6	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25
1,33	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80
0,94 bzw. 0,66	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95
1,11 bzw. 1,0	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75
1,63	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25	21	25
2,6 bzw. 2,4	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80	85	80
0,84	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95	90	95
0,9 bzw. 0,65	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75	64	75



tenstragfähigkeit bestimmt die Zurechnung der Gemeinkosten 21]. Die Energie und die Wärmeenergie haben zwar auch einen Marktpreis. Dieser richtet sich aber nicht allein nach dem Wärmeinhalt der Energie, sondern auch nach anderen Umständen für die Wertschätzung eine bedeutende Rolle. Es erscheint daher problematisch, die Verluste nach der Kostentragfähigkeit zu verteilen. Sie müssen aber doch den einzelnen Kuppelprodukten angelastet werden. Dies soll nach der Wärmeverlust-Tragfähigkeit geschehen, die bei wärmewirtschaftlichen Berechnungen alleine maßgeblich sein kann.

Warum ist nun die prozentuale Zurechnung der Verluste, das Rechnen mit dem gleichen Erzeugungswirkungsgrad bei den einzelnen Kuppelprodukten nicht möglich? Ein Vergleich des Versorgungswirkungsgrades bei Kohle- oder Koksheizung der Tafel 1 ergibt, daß derjenige der Koksheizung um rund 25% schlechter ist als der der Kohleheizung und daß bei der Koksheizung ein um 33% größerer Kohleverbrauch zu erwarten ist. Das ist dadurch bedingt, daß bei der Koksheizung ebenso wie bei der Gaserzeugung mit einem Erzeugungswirkungsgrad von 75% gerechnet wurde. Der Koks hat aber gegenüber der Kohle keine wärmewirtschaftlichen Vorteile, z. B. keinen bedeutend besseren Wirkungsgrad in der Verwendung o. dgl. Kohle beim Heizen und Koks dann wärmewirtschaftlich praktisch als gleichwertig zu betrachten. Will der Koks wärmewirtschaftlich den Wettbewerb mit der Kohle aufnehmen, dann dürfen ihm keine Wärmeverluste der Erzeugung zugerechnet werden. Seine Wärmeverlust-Tragfähigkeit ist Null. Das bedeutet aber, daß die Verluste der Gaserzeugung nicht dem Koks, sondern nur den anderen Kuppelprodukten zugerechnet werden dürfen. Ob nun mit dem gleichen Prozentsatz gerechnet werden kann, er die Wärmeverlust-Tragfähigkeit bei Benzol und Teer besonders groß ist, so daß diesen beiden Kuppelprodukten besonders viel Verluste zugemutet werden können, soll im Augenblick nicht entschieden werden. Diese Frage dürfte sich von untergeordneter Bedeutung sein, da der Anteil des ärmerhaltendes für Benzol und Teer mit insgesamt rund 50% gering ist. — Man darf dem Koks wohl auch darum keine Wärmeverluste der Erzeugung zurechnen, da bei den Gaswerken ja nicht die Erzeugung des Koks, sondern die Gewinnung des Gases die Hauptsache ist. Der Koks ist mehr ein Abfallprodukt zu betrachten. Für die weitere Untersuchung soll daher angenommen werden, daß die Verluste der Gaserzeugung mit dem gleichen Prozentsatz nur auf Gas, Teer und Benzol verteilt werden.

Bei der Gaserzeugung kann im Mittel angenommen werden, daß sich aus einer Tonne Kohle mit einem Wärmeinhalt von 7100 kcal/kg die folgenden Mengen an Kuppelprodukten und Wärme ergeben: [19]

Gas 350 m <sup>3</sup> zu 4000 kcal/m <sup>3</sup>	oder 1,4 · 10 <sup>6</sup> kcal =	20%
Koks 500 kg zu 7100 kcal/kg	oder 3,55 · 10 <sup>6</sup> kcal =	50%
Benzol 10 kg zu 10 · 10 <sup>6</sup> kcal/kg	oder 0,1 · 10 <sup>6</sup> kcal =	1%
Teer 35 kg zu 8000 kcal/kg	oder 0,28 · 10 <sup>6</sup> kcal =	4%
Verluste	1,67 · 10 <sup>6</sup> kcal =	25%
	7,1 · 10 <sup>6</sup> kcal =	100%

Erzeugungswirkungsgrad ist dann rund 75%. Werden dem Koks keine Wärmeverluste angelastet, dann ergibt sich die folgende Berechnung:

Gas 350 m <sup>3</sup> zu 4000 kcal/m <sup>3</sup>	oder 1,4 · 10 <sup>6</sup> kcal =	40%
Benzol 10 kg zu 10000 kcal/kg	oder 0,1 · 10 <sup>6</sup> kcal =	3%
Teer 35 kg zu 8000 kcal/kg	oder 0,28 · 10 <sup>6</sup> kcal =	8%
Verluste	1,67 · 10 <sup>6</sup> kcal =	49%
	3,45 · 10 <sup>6</sup> kcal =	100%

Erzeugungswirkungsgrad beträgt dann rund 50%. Mit dem Wirkungsgrad wird auch der Versorgungswirkungsgrad und der Kohleverbrauch errechnet.

Die Richtigkeit dieser Überlegung soll am Beispiel der Energieversorgung des Haushaltes in Tafel 2 noch nachgewiesen werden. Dabei wurden angenommen:

Elektrizitätsverbrauch für Licht, Kraft und Kleinwärme	170 kWh/Jahr
oder	rund 100 kg Kohle/Jahr
bedarfs für Gaskochen	360 m <sup>3</sup> /Jahr
Elektrizitätsbedarf für Elektrokochen bei einem Umrechnungsverhältnis 1:2,5	900 kWh/Jahr
oder Kohlebedarf für Küchenheizung bei Gaskochen	380 kg/Jahr
oder Kohlebedarf für Küchenheizung bei Elektrokochen	430 kg/Jahr

Koks- und Kohlebedarf für Wohnungsheizung, Wäschereinigung, Warmwasserbereiter	700 kg/Jahr
Der Kohleverbrauch für Elektrokochen wird dann bei $\eta = 0,23$	480 kg/Jahr
Der Kohleverbrauch für Gaskochen wird dann bei $\eta = 0,64$	290 kg/Jahr
Der Kohleverbrauch für Gaskochen wird dann bei $\eta = 0,43$	450 kg/Jahr
Der Gesamtverbrauch des Haushaltes ist bei Elektrokochen	1710 kg/Jahr
Der Gesamtverbrauch des Haushaltes ist bei Gaskochen für einen Erzeugungswirkungsgrad $\eta = 0,75$	1470 kg/Jahr

Tafel 2. Energie- und Kohlebedarf eines Durchschnittshaushaltes bei verschiedenen Bedarfsdeckungsmöglichkeiten.

	Elektrokochen	Gaskochen	Kohle-kochen
Energiebedarf für das Kochen	900 kWh	360 m <sup>3</sup>	440 kg
Kohlebedarf der Kochenergie $\eta_{El} = 0,23; \eta_{Gas} = 0,64$ bzw. 0,43	480 kg	290 kg (0,64) 450 kg (0,43)	440 kg
Kohle bzw. Koksbedarf für Küchenheizung	430 kg	380 kg	430 kg
Kohle- bzw. Koksbedarf für Wohnraumheizung und Warmwasserbereitung	700 kg	700 kg	700 kg
Kohleverbrauch bei Verwendung von Koks für Heizen und Warmwasserbereiten	—	1440 kg	—
Kohleverbrauch bei Heizen mit Kohle und Koks	—	1250 kg	—
Kohleverbrauch für elektr. Licht, Kraft usw.	100 kg	100 kg	100 kg
Gesamter Kohleverbrauch bei Kohleheizen $\eta_{Gas} = 0,64$ $\eta_{Gas} = 0,43$	1710 kg	1470 kg 1630 kg	1690 kg
Gesamter Kohleverbrauch bei Koksheizen	—	1830 kg	—
Gesamter Kohleverbrauch bei Koks und Kohleheizen	—	1640 kg	—

Dabei wurde angenommen, daß außer Gas nur Kohle benötigt wird. Wird aber bei Gaskochen nur Koks als fester Brennstoff eingesetzt, so steigt der Kohleverbrauch auf 1830 kg/Jahr. Diese Annahme ist natürlich zu ungünstig. Wird jetzt im Haushalt der Bedarf an festen Brennstoffen mit Kohle und Koks gedeckt, wobei die Koksmenge so gewählt wird, daß sie dem Gasbedarf entspricht, dann ergibt sich ein Kohleverbrauch von 1640 kg/Jahr. — Zum ungefähr gleichen Ergebnis kommt man, wenn man bei der Gaserzeugung nicht mit einem Wirkungsgrad von 75%, sondern nur 50% rechnet. Dann ergibt sich ein gesamter Kohleverbrauch von 1630 kg. Der Kohlemehrbedarf des Haushaltes für Elektrokochen ist dann bei dieser Methode der Gas-Kokszurechnung oder bei Anlasten der Erzeugungsverluste nur auf die Kuppelprodukte Gas, Teer und Benzol nicht mehr 17%, sondern nur noch 5%. Oder bei einem Kohleverbrauch für Elektrokochen von 480 kg, ergibt sich für das Gaskochen ein Minderverbrauch von 1710—1630 = 80 kg oder 17% oder ein Mehrverbrauch gegenüber Gaskochen von rd. 20%.

Dieser Mehrverbrauch wurde für den Fall errechnet, daß das Umrechnungsverhältnis 1:2,5 beträgt. Rechnet man mit dem Versorgungswirkungsgrad, so wird der Mehrverbrauch bei Elektrokochen gemäß Zahlentafel 1 rund 50%, beträgt also nur das 1,5fache, während sich nach der alten Methode das 2,4fache ergab. Der Kohlemehrverbrauch war also nach den oben durchgeführten Betrachtungen bisher immer zu ungünstig für die Elektroversorgung angenommen. Ein Kohlemehrverbrauch von 80 kg bei 1710 kg/Jahr = rund 5% für die gesamte Energieversorgung des Haushaltes ist aber so gering, daß er gegenüber der Kostenfrage, Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Wertschätzungen keine Bedeutung mehr hat. Diese sprechen aber klar für das Elektrokochen, wie an anderer Stelle noch nachgewiesen wird.

Dieser Mehrverbrauch ergibt sich aber nur, wenn die gesamte elektrische Energie aus Steinkohle erzeugt wird. Sind auch Wasserkraften an der Elektrizitätsversorgung beteiligt, dann wird der Kohlemehrverbrauch umso kleiner, je größer der Wasserkraftanteil ist. Bei einem Wasserkraftanteil von rund 20% ist aber der Kohleverbrauch für Gas- und Elektrokochen gemäß Bild 1 gleich groß. Der Wasserkraftanteil beträgt aber je nach den Wetterverhältnissen des speziellen Jahres in Westdeutschland rd. 25... 30% und in Bay-

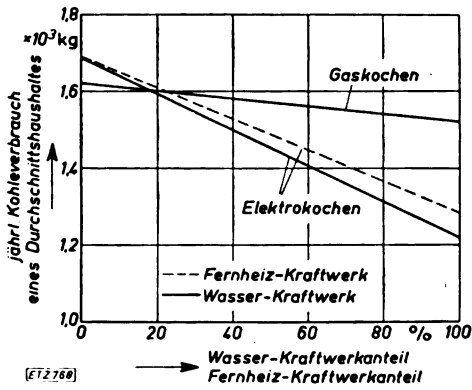


Bild 1. Kohleverbrauch des Haushaltes in Abhängigkeit vom Anteil der Wasserkraft bzw. des Fernheizkraftwerkes an der gesamten Elektrizitätserzeugung.

ern rd. 70 ... 80%. Bei der Stromerzeugung in Fernheizkraftwerken oder ganz allgemein bei der Kupplung von Kraft- und Wärmeerzeugung ergeben sich ähnliche Verhältnisse. — Wenn man weiter bedenkt, daß Ballaststeinkohle und Braunkohle zu beträchtlichen Teilen (47%) [22] an der öffentlichen Elektrizitätserzeugung beteiligt sind und diese nur in Kraftwerken an der Gewinnungsstätte wirtschaftlich eingesetzt werden können, dann ist klar erkennbar, daß der Kohleverbrauch bei der Frage des Gas- oder Elektrokochens von vollständig untergeordneter Bedeutung ist.

Aus den drei Bedingungen, daß eine weitere große Nachfrage an Gas vorhanden, daß Gaskohle sehr knapp und der Koksabsatz sehr labil ist, entwickelt Stief nun sein Vergasungsverfahren, bei dem kein Stückkoks sondern sog. Kraftkoks anfällt, der sofort am Orte der Gewinnung in elektrische Energie umgewandelt werden soll. Bedeutet dieses Verfahren nun eine Einsparung im Kohleeinsatz und bringt es eine so große Verbesserung des Versorgungswirkungsgrades, daß es aus wärmewirtschaftlichen Überlegungen das Elektrokochen ausschaltet? — Für dieses Verfahren ergibt sich ein Erzeugungswirkungsgrad von 35% aus der folgenden Berechnung für 2 t Steinkohlendurchsatz [19].

Gas	2×350 m <sup>3</sup>	oder 2,8 · 10 <sup>6</sup> kcal =	20%
Benzol	2×10 kg	oder 0,2 · 10 <sup>6</sup> kcal =	1%
Teer	2×35 kg	oder 0,56 · 10 <sup>6</sup> kcal =	4%
Strom aus Koks	(1 t Kraftkoks von 7100 kcal ergibt 1656 kWh (0,605 kg/kWh) oder	1,42 · 10 <sup>6</sup> kcal =	10%
Verluste		9,22 · 10 <sup>6</sup> kcal =	65%

$$14,2 \cdot 10^6 \text{ kcal} = 100\%$$

Der Versorgungswirkungsgrad muß natürlich noch um den Verwendungs- und Transportwirkungsgrad der Energieträger kleiner sein. Der mittlere Wirkungsgrad für Transport und Verwendung der beiden Energieträger Gas und Elektrizität errechnet sich aber zu:

$$\begin{aligned} 2,8 \cdot 10^6 \cdot 0,51 &= 1,43 \cdot 10^6 \text{ kcal} \\ 1,4 \cdot 10^6 \cdot 0,68 &= 0,95 \cdot 10^6 \text{ kcal} \\ \hline 4,2 \cdot 10^6 & \quad 2,38 \cdot 10^6 \text{ kcal oder } 0,57 \end{aligned}$$

Der gesamte mittlere Versorgungswirkungsgrad ergibt sich für das Stiefverfahren zu  $0,35 \times 0,57 = 0,2$  oder 20%, ist dann also um 3% besser als der Versorgungswirkungsgrad der Elektrizitätsversorgung aus Kondensationskraftwerken.

Das Stiefsche Verfahren bringt dann eine Kohleeinsparung von höchstens 18%. Dieser Minderverbrauch wurde mit Hilfe des Versorgungswirkungsgrades errechnet und wird dann nach den vorausgegangenen Berechnungen noch bedeutend kleiner, wenn man das Umrechnungsverhältnis 1:2,5 zugrunde legt. Aber auch dieser Kohleminderverbrauch ist zu gering, um ein doppeltes Verteilungsnetz und zwei hintereinander geschaltete Erzeugungsanlagen, das Gaswerk und das Elektrizitätswerk, wirtschaftlich zu rechtfertigen. Das Stiefverfahren dürfte auch keine Ermäßigung der Selbstkosten mit sich bringen, denn die Elektrizitätsversorgung kann das Gaswerk bestimmt keine höheren Preise für den Kraftkoks zahlen, als das Gaswerk bei Stückkoks erhalten würde. Eine Preisermäßigung für die beiden Energieträger dürfte dann durch das Stiefverfahren nicht zu erwarten sein. Auch das Stief-Verfahren wird die schlechte Wettbewerbslage des Gases gegenüber der Elektrizität bei der Kochwärmeerzeugung des Haushaltes nicht ändern können.

Die Überlegungen beweisen, daß ein Kohlemehrverbrauch bei Elektrokochen gegenüber dem Gaskochen in Höhe des doppelten bis dreifachen nicht den tatsächlichen wärmewirtschaftlichen Verhältnissen entspricht. Für den Gesamtenergiebedarf des Haushaltes ergibt sich ein Kohlemehrverbrauch von rund 5%. Dieser ist aber praktisch ohne Bedeutung und kann die Wirtschaftlichkeit und Wertschätzung des Elektrokochens nicht maßgeblich beeinflussen.

**Schrifttum**

- [1] M. Anthes: Elektrisches Kochen und Heizen. Dr. Jänickel, Leipzig 1940. S. 97.
- [2] W. Attig: Möglichkeiten und Grenzen der Entwicklung des Haushalt-, Gewerbe- und Industriegases. Gas- und Wasserfach 90 (1947) S. 456.
- [3] R. Wagner: Der Wärmebedarf des Haushaltes und seine Deckung. Gas- u. Wasserfach 91 (1950) S. 42.
- [4] P. Schott: Probleme der Versorgung einer Großstadt mit Elektrizität und Gas. Elektr. Verwertg. 8 (1950) S. 199.
- [5] W. Rathschek: Entwicklung der eisernen Koch- und Heizgeräte. Brennstoff, Wärme, Kraft 1 (1949) S. 25.
- [6] R. Schreiber: Die Stellung des Stadtgases in der zukünftigen Energiewirtschaft Bayerns. Gas- u. Wasserfach 89 (1948) S. 12.
- [7] W. Raib: Feste Brennstoffe im Haushalt. Weltkraftkonf. 4 (1948) S. 222.
- [8] W. Bitzer: Warum Gaswärme im Gewerbe und Haushalt. Brennstoff, Wärme, Kraft 1 (1949) S. 25.
- [9] H. Vogt: Probleme der Energieversorgungswirtschaft. Oldenbourg München 1950. S. 71.
- [10] Beck-Fries: Wettbewerb und Zusammenwirken verschiedener Wärmequellen in Großküchen. Weltkraftkonf. 3 (1938) S. 59.
- [11] G. Pabianco: L'energie dans la Maison. Weltkraftkonf. (1938) S. 114.
- [12] H. v. d. Stein: Wärmewirtschaftliche Erfordernisse im Bergbau u. Energiewirtsch. 1948, S. 27.
- [13] J. Thußler: Die wirtschaftliche Lage der Gasindustrie Frankreichs. Gas- u. Wasserfach 83 (1942) S. 503.
- [14] O. Schulze-Dirks: Die Auswirkung der Vollheizung auf die Netzbelastung. Gas- u. Wasserfach 91 (1950) S. 295.
- [15] Spaleck: Raumheizung mit Gas oder Elektrizität. Gas- u. Wasserfach 66 (1925) S. 478.
- [16] Chr. Eberle u. W. Raib: Untersuchungen über den Wärmeverbrauch von Wohnungen. RKW Nr. 65. Berlin 1931.
- [17] A. Pott: Die Stellung des Kokereigases in der deutschen Energiebilanz. Gas- u. Wasserfach 90 (1949) S. 225.
- [18] W. Horak: Die zwischlenige Energieversorgung mit Gas und Elektrizität. Z. öst. Ing. u. Arch. Ver. 1950, S. 37.
- [19] Fr. Stief: Das Problem der besseren Steinkohleverwertung. Gas- u. Wasserfach 92 (1951).
- [20] W. Hammerschmidt: Gaswärme—Elektrowärme. Brennstoff, Wärme, Kraft 2 (1950) S. 47.
- [21] B. Wehberq: Die rechnermäßige Verteilung der Zeiterkosten eines EVU auf die Einzelleistungen nach dem Schlüssel der Zeitgemeinkosten-Tragfähigkeit. Diss. Berlin 1941.
- [22] Elektrizitätsverwendung — Kohleverschwendung? HEA-Nachricht (VDEW) 1951. Heft 1.

**Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg**

Von W. Kind, Berlin

DK 621.3: 639

Vom 27. 5. bis 3. 6. 51 fand in Hamburg die 41. Wanderausstellung der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft statt. Sie bedeckte eine Fläche von rd. 320 000 m<sup>2</sup> und hatte über 800 000 Besucher.

Die Elektrotechnik war auf dieser Ausstellung entsprechend ihrer Bedeutung für die Landwirtschaft natürlich auch vertreten. Eine große Elektroschau, von der Elektroindustrie und VDEW in einem 1200 m<sup>2</sup> großen Zelt gemeinsam erstellt, zeigte die vielseitige Anwendung der Elektrizität

besonders in der Innenwirtschaft und im ländlichen Haushalt. Sie bot zwar hauptsächlich das schon gewohnte Bild von Herden, Waschmaschinen, Staubsaugern und anderen Dingen des elektrischen Alltags, den wir ja auch in unserem eigenen Haushalt erleben und auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Aber gerade weil diese Dinge für jeden angehen, war die „Elektroschau“ ein besondererziehungspunkt der „Schleute“ und bot diesen mit ihren Lehrvorführungen sehr viel. Die für den Fachmann

ssanten Objekte, die auch die fortschreitende technische Entwicklung oder eine spezifische landwirtschaftliche Anwendung zeigten, mußte man schon aus der Fülle der rund 100 Maschinen auf dem ganzen Gelände herausuchen.

Der Elektromotor als bevorzugter Antrieb für alle alternativen Maschinen braucht nicht hervorgehoben zu werden. Seine Bedeutung spiegelte sich in den vielen in Betrieb gezeigten Maschinen aller Art wieder, die fast alle elektrisch angetrieben waren, allerdings ohne besonders auffällige Sonderkonstruktionen, wie man sie z. B. im Erzeugmaschinenbau immer mehr findet. Eine Ausnahme machte ein neuer Dreschmotor der SSW, dessen Charakteristik den schwierigen Verhältnissen des Dreschbetriebs mit stark schwankender Belastung, starkem Spannungsfall usw. angepaßt ist. Er kann mit einer einfachen Fliehkraftscheibe direkt über den Motorschutzschalter ohne komplizierten Anlasser an das Netz gelegt werden.

Eine mit einem 2 kW Elektromotor angetriebene „Universal Ackermaschine“ zeigten die Agria Werke, Böckmühl. Dies war das einzige elektrisch angetriebene Denbearbeitungsgerät auf der Ausstellung, wurde aber bei der Vielzahl der mit Verbrennungsmotoren angetriebenen Schlepper ebenso leicht übersehen wie der „Primus Elektropionier“. Bei diesem handelt es sich nicht um einen äußerlich normalen 30 PS-Schlepper der „Traktorenengesellschaft“, der aber einen Drehstromgenerator von 15 kVA eingebaut hat. Das Verbindungsgehäuse zwischen Motor und Getriebe ist gleichzeitig Statorgehäuse, während das Schwungrad zum Rotor entwickelt ist. Die Erzeugung erfolgt von der Lichtanlage. Theoretisch braucht diese Kombination also nur einen Mehraufwand für die Wicklungen und die Instrumente, die in einem kleinen Armaturenschild sichtbar sind. Mit dem Elektropionier können nun sowohl im Fahren wie im Stand alle möglichen elektrischen Geräte und Motoren gespeist werden. Damit wurde der Schlepper mit der „elektrischen Zapfwelle“ geschaffen, über die bei Gelegenheit ausführlicher berichtet werden soll.

Nicht übersehen werden konnte die Windkraftanlage von Allgauer, die bei kleineren Windgeschwindigkeiten Gleichstrom zum Laden einer Batterie, bei stärkerem Wind Drehstrom bis 9 kW liefert.

Stark vertreten waren Geräte für elektrische Weidezäune, ein Zeichen dafür, daß sich der elektrische Weidezäun durchgesetzt hat. Neben den einzelnen Firmständen fand besonders die Sonderschau der 10 bei der DLG-Prüfung 1950 anerkannten und z. T. prämierten Geräte Beachtung. Daneben waren 4 ebenfalls von der DLG geprüfte elektrische Viehfutterdämpfer ausgestellt. Die auf diesem Gebiete bekannte Firma „Klöpper“ hatte u. a. einen Dämpfer mit konischer Form und Isoliermantel als Isolierung herausgebracht und damit einen neuen Weg zur Verbesserung der Dämpfer beschritten.

Im Zelt der Molkereimaschinen fand sich nicht mehr eine Maschine ohne elektrischen Antrieb, der ja schon seit Jahren im Molkereibetrieb nach anfänglichen schweren Kämpfen behauptet. Eine ausgefeilte elek-

trische Apparate- und Regeltechnik in dem „Tuchenhagen“-Umschalter ermöglicht jetzt auch eine einwandfreie Überwachung und Einschaltung der Milchtemperaturen bei der Erhitzung, die lange ein schwieriges Problem im Molkereibetrieb bildete. Ferner war hier ein elektrisches Bestrahlungsgerät für Milch der Bergolander A. B., Stockholm, beachtenswert, das bei einer Leistung von 1500 l/h mit 3 U. V.-Lampen eine D 3-Vitaminanreicherung und gleichzeitig eine weitgehende Entkeimung erzielt. Rund ein Dutzend Melkmaschinenkonstruktionen des In- und Auslandes kennzeichnen den Siegeszug der Melkmaschinen, der ohne elektrischen Antrieb nicht denkbar ist.

Übersehen wurde wohl von den meisten Besuchern eine batteriegespeiste elektrisch angetriebene Hub- und Senkvorrichtung für die Plattform eines Mähdreschers, den Massey-Harris Co. ausgestellt hatte. Dieser elektrische Antrieb sollte der deutschen Schlepperindustrie, die sich stark mit dem Problem der Aushebevorrichtungen auf mechanischem oder hydraulischem Wege herumschlägt, Anregung sein, auch die elektrische Lösung nicht zu vergessen. Dies ist um so leichter möglich, als ja heute die meisten Schlepper für elektrische Lichtanlagen eingerichtet sind.

Für elektrischen Fischfang, der auf der Ausstellung mit einigen Geräten angedeutet war, interessierten sich nur wenige Spezialisten. Das Verfahren ermöglicht vor allem das Abfischen schwer zugänglicher Gewässer.

Eine Geflügelruffmaschine, die mit Ventilator und rotierenden gewellten Gummischeiden arbeitet und die mühsame Arbeit des Ruffens unserer Weihnachtsgänse wesentlich erleichtert, fand schon mehr Interesse, obwohl sie nicht praktisch vorgeführt wurde. — Großen Zulauf fand dagegen ein Stand von Philips-Valvo, der die Anwendung von Infrarotlampen zur Kücken- und Ferkelaufzucht praktisch vorführte, wobei neben dem berechtigten fachlichen Interesse der meisten Landleute auch die Freude des Städtlers an Jungtieren mitsprach.

Kaum vertreten war das Gebiet der Installation, obwohl gerade dieses für die Landwirtschaft außerordentlich wichtig ist. Nur eine Brandverhütungsschau hat zusammen mit dem Unfallschutz die Gefahren der Elektrizität bei unsachgemäßen Anlagen mit kleinen Modellen recht wirksam vor Augen geführt.

Ausführlicher zu berichten verbietet der Platz. Die Übersicht kann auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Dem Berichtersteller mag in der Fülle der Ausstellung noch manche interessante Einzelheit entgangen sein.

Daher soll zum Schluß angeregt werden, auf zukünftigen DLG-Ausstellungen auch eine Auskunftstelle für Elektrotechniker, Installateure usw. einzurichten, wie sie für die Einzelsparten der Landwirtschaftstechnik schon lange üblich und bewährt sind. Eine solche Stelle müßte Spezialauskünfte über konstruktive Fragen, Entwicklungstendenzen usw. der Elektrizität in der Landwirtschaft und Anregungen geben können, sowie kleine Sondervorführungen veranstalten und sich nicht nur auf das akquisitorische Verteilen von Drucksachen beschränken, wie es diesmal der Fall war.

## Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätszähler“, VDE 0418

Von Wilhelm Bähre, Braunschweig

DK 621.317.785

**Übersicht.** Es wird über die Neubearbeitung von VDE 0418 „Regeln für Elektrizitätszähler“ berichtet. Die wesentlichen Änderungen gegenüber den bisherigen Vorschriften werden erörtert, wo es erforderlich erschien, kurz begründet.

Die seit dem Jahre 1932 gültigen „Regeln für Elektrizitätszähler“ sind im Sept. 1940 durch einen Zusatz zu § 19, „Grenzströme“, erweitert worden. Die derzeit gültige Fassung trägt daher die Bezeichnung VDE 0418/IX.40. Eine ständige Neubearbeitung hatte sich jedoch bereits damals als erforderlich herausgestellt, da die Regeln nicht mehr den Stande der Technik entsprachen und weil in die Neuordnung der Eichordnung vom 24. 1. 1942 erstmalig auch Bestimmungen über Elektrizitätszähler aufgenommen wur-

den, die mit den Regeln in gegenseitige Übereinstimmung gebracht werden sollten. Weiterhin erschien die Festlegung einer Reihe wichtiger Begriffserklärungen wünschenswert, die insbesondere im Verkehr der Hersteller mit den Abnehmern des In- und Auslandes ständig gebraucht werden. Der erste Bearbeitungsentwurf lag am 1. 9. 1942 vor, jedoch sollten die neuen Regeln erst nach dem Kriege fertiggestellt und in Kraft gesetzt werden. Über den Entwurf ist in der ETZ 63 (1942)<sup>1</sup> berichtet worden. Während des Krieges wurde noch der 2. Entwurf vom 6. 12. 1945 fertiggestellt. Im Okto-

<sup>1</sup> Zum Neuentwurf VDE 0418 „Regeln für Elektrizitätszähler“, ETZ 63 (1942) S. 622.

ber 1948 wurden die Beratungen wieder aufgenommen und in drei Kommissionsitzungen der 3. Entwurf (v. 1. 10. 1949) und der 4. Entwurf<sup>2</sup>, über den nachstehend unter Bezugnahme auf die früheren Ausführungen berichtet wird, fertiggestellt.

### Begriffserklärungen

Neu aufgenommen wurde die Benennung der Zähler nach Art der zu zählenden Größe, des Meßwerkes, des Netzes, der Zusatzklemmen für Tarifeinrichtungen und des Anschlusses. Unter Nenngrößen wurden solche für Spannung, Stromstärke, Frequenz, Leistung, Drehzahl und Drehmoment definiert. Die wesentlichen Bestandteile eines Zählers wurden benannt und begrifflich bestimmt. Insbesondere sind dabei für Wandlerzähler die Begriffe „Primär- und Sekundärzählwerk“ erläutert worden<sup>1</sup>. Das Zählwerk oder Zählrohr bei Elektrolytzählern wurde in einem besonderen Abschnitt behandelt, in dem auch die damit im Zusammenhang stehenden Begriffe wie „Zählwerks-, Zählrohrstand, Angabe des Zählers, Zählbereich, Durchlaufzeit des Zählwerks, Laufzeit des kleinsten bezifferten Stellenwertes eines Zählwerks, Umlaufzeit der Ziffernrolle mit dem kleinsten bezifferten Stellenwert, Gesamtübersetzung des Zählwerks und Übersetzung der Zählwerk-Wechselräder“ erklärt wurden. Die nächsten Paragraphen behandeln die Leistungsaufnahmen im Spannungskreis, Stromkreis und in den Zusatzkreisen, die richtige Phasenfolge, die Zählerkonstante und den Fehler des Zählers. Als Bezugstemperatur wurde, wie bereits früher erläutert<sup>1</sup>, die Raumtemperatur von 20 °C festgelegt<sup>3</sup>.

Für Zähler, die dauernd mit mehr als dem 1,25fachen ihres Nennstromes belastet werden können, ist die Bezeichnung „Großbereichzähler“ eingeführt worden. Die Stromstärke, bis zu der solche Zähler unter Einhaltung der meßtechnischen und thermischen Bestimmungen der Regeln dauernd belastbar sind, heißt „Grenzstrom“. Die Grenzstromstärke wird in runden Klammern hinter dem Nennstrom angegeben: z. B. 10 (20) A. Bei Zählern, die in Verbindung mit Zusatzeinrichtungen betrieben werden, werden Zusatzkreise für verschiedenartige Hilfsgeräte, für Tarifauslöser und für Kontaktgeber unterschieden.

Für Zähler mit Höchstlastanzeigern wird die Bezeichnung „Maximumzähler“ festgelegt. Die Begriffe „Maximum, Meßperiode, Maximumwerk, Maximumzeiger, Mitnehmer, Maximumkonstante  $C_M$ , Kupplungs- und Entkupplungszeit, Rückführungszeit, Kurzschluß- und Öffnungsschaltung und bezogener Meßbereich“ wurden definiert. Bei den Kontaktgeberzählern wurden die Zweckbestimmung und die Begriffe „Impulshäufigkeit und Impulswert“ erklärt. Zur Beurteilung des Einflusses der Zusatzeinrichtungen wurden die Begriffe „Auslöserinfluß, Zusatzdrehmoment und Eigenfehler des Maximumwerkes“ in die Regeln eingeführt.

Die Prüfungen werden nach Stück- und Typenprüfungen unterschieden.

### Genormte Werte

Für die Nennströme, Grenzströme, Nennspannungen, Zählerkonstanten und Meßperioden für Maximumzähler wurden die Normwerte entsprechend dem Normblatt DIN 43850 in die neuen Regeln aufgenommen. Die Zahl der genormten Nennstromstärken für Wechsel- und Drehstromzähler, bei direktem Anschluß bis 100 A, konnte gegenüber den bisher gültigen Regeln zum Zwecke der Typenbeschränkung stark vermindert werden, da die Belastungsbereiche der Großbereichzähler die bisherige Vielzahl der Nennstromstärken überdecken. Wechselstromzähler mit einer Grenzbelastbarkeit über 40 A werden kaum gebraucht. Bei Drehstromzählern wird der Bereich bis 100 A mit 5 Zählergrößen beherrscht, die mit konstruktiv verhältnismäßig einfachen Mitteln als bis zu 200 oder 300% des Nennstromes belastbare Großbereichzähler zu bauen sind. Bei Drehstromzählern über 30 A Nennstrom wird der Grad der Grenzbelastbarkeit für den ganzen Zähler durch die geringere thermische Belastbarkeit

der Anschlußklemmen herabgesetzt. Eine Vergrößerung der Klemmenquerschnitte der Großbereichzähler über die bisher üblichen Abmessungen für Zähler entsprechender Nennstromstärke hinaus sollte vermieden werden. Für Stromstärken über 100 A sollen künftig grundsätzlich Stromwandler verwendet werden. Die unter diesen Gesichtspunkten genormten Nennströme und Grenzströme zeigt folgende Übersicht:

für Wechselstrom	10 — 10 (20) — 10 (30) — 10 (40) — 20 — 20 (40)
für Drehstrom	5 — 5 (10) — 5 (15) — 10 — 10 (20) — 10 (30) — 20 — 20 (40) — 30 — 30 (60) — 50 — 50 (100) A
für Anschluß an Wandler	5 A.
für Gleichstrom	5 — 10 — 20 A und dekadische Vielfache für Stundenzähler.

Von der Aufnahme des viel diskutierten Wandlerzählers in der Ausführung als 3 (6) A-Großbereichzähler<sup>4</sup> in die Regeln wurde nach eingehenden Beratungen wieder Abstand genommen.

Die genormten Nennspannungen sind die folgenden:

für Wechselstrom, unmittelbarer Anschluß	125 — 220 V
für Drehstrom, unmittelbarer Anschluß	127/220 — 220/380 V
für Anschluß an Wandler	100 oder 100/3 V
für Gleichstrom, unmittelbarer Anschluß	110 — 220 — 440 V

Für die Zählerkonstante  $C_Z$  ist eine bestimmte Reihe von Werten genormt worden, die der abgeleiteten Reihe R 40/4 (118...) der Normungszahlen nach DIN 323 entsprechen. Jeder Wert ist ungefähr 1,26mal größer als der vorhergehende. Diese Folge von Zählerkonstanten gilt für Zähler aller Nennstromstärken und Stromarten. Durch diese Maßnahme werden für die Konstruktion der Zähler wertvolle Vereinheitlichungen erzielt, vor allem aber bringt die Normierung der Konstantenreihe wesentliche Vorteile für die Praxis und Unterhaltung der Zähler mit sich.

Für Maximumzähler sind nur noch die Meßperiode von 30 min normgerecht. Im Interesse einer einfacheren Lagerhaltung an Zählern, Uhren und Ersatzteilen wäre erwünscht, wenn die sich immer mehr einführende Meßperiode von 15 min ausschließlich angewendet würde.

### Bestimmungen über den Aufbau

Der mechanische Aufbau der Zähler und ihre mechanischen Eigenschaften müssen die Gewähr dafür bieten, daß sie allen betriebsmäßig auftretenden Beanspruchungen genügen. Soweit Kappen, Grundplatten und der Klemmenkasten aus Isolierpreßstoffen hergestellt sind, sollen diese weitestens die in VDE 0320 für Typ 918 festgelegten Eigenschaften besitzen. Für die Zähleraufhängpunkte, den Klemmenkasten und den Klemmendeckel sollen die in den Normblättern DIN 43851<sup>4</sup> und 43852<sup>4</sup> festgelegten Maße eingehalten werden. Weitere Bestimmungen behandeln den Schutzleiterschluß, die Anschlußklemmen für Zuleitungen, den Klemmendeckel, die Plombierung, die Lüfterdrehrichtung und Einstellvorrichtungen mit den Mindeststellbereichen der fertig eingestellten Zähler.

Die Ansichten der Hersteller und Verbraucher über die zweckmäßige Auslegung des Zählwerkes sind unterschiedlich. Die Verwendung von Großbereichzählern und die natürliche Ablesung des Zählerwerkstandes in den Ableseranlagen bedingen die Festsetzung eines hohen Mindestwertes für die Durchlaufzeit des ganzen Zählwerkes. Wenn verlangt die Wirtschaftlichkeit bei der Durchführung der Zählerprüfung, insbesondere die Dauerlaufprüfung möglichst kleine Laufzeiten für die letzte Ziffernrolle für den kleinsten bezifferten Stellenwert. Demgegenüber machen die Hersteller geltend, daß die Erfüllung dieser Bedingungen praktisch die Einführung des 6stelligen Zählwerkes bedeutet, also verteuert wirkt, daß die Zählerkonstante sich erhöht, die Meßgenauigkeit sich verschlechtert, die Laufeinstellung erschwert wird, die Zähler nicht dauernd Grenzbelastung laufen und die kürzere Prüfzeit nicht ausschlaggebender Bedeutung ist. Da eine Einigung auf diese Fragen bisher nicht erreicht werden konnte, wurden im Entwurf unter Berücksichtigung dekadisch gestaffelter Zählernennleistungen einstweilen folgende Werte einge-

<sup>1</sup> Der Entwurf kann von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, gegen Erstattung der Unkosten von 9.— DM bezogen werden (siehe Bekanntmachung in der ETZ 72 (1951) H. 15, S. 479).

<sup>2</sup> Nach der Eichordnung, Abschnitt XV, § 949 I 9, müssen die Eichfehlergrenzen in dem Temperaturbereich zwischen 15 und 25 °C eingehalten werden.

<sup>4</sup> In Vorbereitung.

	Mindestwert	Höchstwert
Umlaufzeit des ganzen Zählwerks bei Grenzleistung	750 h	—
Umlaufzeit der letzten Rolle	6 min	60 min
Umlaufbereich für den kleinsten bezifferten Stellenwert von 0,01 kWh	0,1 kW	1 kW.

Für das Rollenzählwerk ergeben sich daraus 5 und in einigen Fällen 6 Ziffernrollen, so daß die Regeln beide Ausführungen vorsehen.

Für die Leistungsaufnahme im Strom- und Spannungsreis sind Höchstwerte angegeben worden. Neu aufgenommen wurden Bestimmungen über die Dauerbelastbarkeit mit dem Grenzstrom, über die hierbei zulässigen Grenzerwärmungen und über die Ausführung der Temperaturmessung. Ausführliche Bestimmungen behandeln die Kurzschlusssicherheit der Zähler, insbesondere auch die der Zähler zum Anluß an Stromwandler. Außer der bisher üblichen Isolationsprüfung ist für Wechsel- und Drehstromzähler jetzt eine Überspannungsprüfung vorgeschrieben, um eine ausreichende Bemessung der Luftstrecken im Innern der Zähler zu gewährleisten. Für die Kriechstrecken wurden Mindestwerte vorgeschrieben.

Über die Schaltung von Zusatzkreisen ist in dem Entwurf der neuen Regeln festgelegt worden, daß Tarifschaltkreise getrennt von den Meßkreisen herauszuführen und an besondere Klemmen anzuschließen sind. Zusatzstromkreise für Maximumauslöser sind möglichst nach der Öffnungsschaltung zu schalten, in besonderen Fällen (z. B. Gleichstrom-Maximumzähler für höhere Spannungen) kann auch die Kurzschlußschaltung angewandt werden. Ausführlich ist hierüber der ETZ 63 (1942) S. 623 u. 624<sup>1</sup> berichtet worden.

Die Klemmen im Klemmenblock, einschl. der Zusatzklemmen, sollen von links nach rechts numeriert sein. Die Bedeutung der Nummern ist in einer Tafel festgelegt.

Die Zählwerke von Zweitarifzählern sollen mit T1 und T2 bezeichnet werden. Es bleibt freigestellt, welche Bezeichnung von beiden für den einen oder den anderen Tarif gewählt wird.

Die Entkupplungszeit für Maximumzähler soll 1/60 der Meßperiode betragen. Für die Maximumkonstante  $C_M$  ist eine für die Verrechnung bequeme Zahl anzustreben.

Tarifauslöser müssen bei  $\pm 20\%$  der Nennspannung einwandfrei und möglichst geräuschlos arbeiten.

Getrennt angeordnete Nebenwiderstände müssen entsprechend den einschl. Bestimmungen VDE 0410 ausgeführt sein.

### Meßtechnische Eigenschaften

Dieser Abschnitt ist gegenüber den bisher gültigen Regeln, in denen lediglich auf die von der Physikalisch-Technischen

nischen Reichsanstalt erlassenen Bestimmungen über die Beglaubigung von Elektrizitätszählern verwiesen wurde, mit Rücksicht auf seine internationale Bedeutung wesentlich erweitert worden. Einleitend sind die Voraussetzungen, die für die meßtechnischen Eigenschaften der Zähler gelten, und die bei der Durchführung der Prüfungen zu beachtenden Bedingungen zusammengefaßt. Die neuen Regeln enthalten ausführliche Bestimmungen über den Anlaufstrom, den Leerlauf, die Fehlergrenzen, die Meßunsicherheit, den Einfluß der Eigenerwärmung, den Spannungs-, Frequenz-, Temperatur- und Fremdfeldeinfluß, den Einfluß der Zusatzeinrichtungen und die Anzeigegenauigkeit des Maximumwerkes. Zu beachten ist, daß die in den neuen VDE-Regeln festgesetzten Fehlergrenzen unter Berücksichtigung einer nach dem heutigen Stande der Zählertechnik mit üblichen Mitteln erreichbaren Meßgenauigkeit für den Zustand der Zähler bei der Lieferung gelten, wohingegen die in der Eichordnung festgesetzten Fehlergrenzen das zulässige Maß der Abweichungen bei der eichtechnischen Prüfung (Beglaubigung) der Zähler darstellen. Um die Einhaltung der Eichfehlergrenzen möglichst weitgehend zu gewährleisten, sind daher die VDE-Fehlergrenzen im allgemeinen enger gehalten.

### Aufschriften

Die Aufschriften auf Zählerschaltern sind in Übereinstimmung mit dem Normblatt DIN 43855<sup>4</sup> gebracht worden. Insbesondere soll das Herstellungsjahr und die Nummer der Schaltung angegeben sein. Die Aufschriften können auf einem Leistungsschild oder dem Zählwerksdeckblatt angebracht werden. Die Bezeichnung von Nennspannung und Nennstrom ist in einer Tafel durch Beispiele erläutert. Die Aufschriften auf getrennt angeordneten Neben- und Vorwiderständen sollen sinngemäß die gleichen wie die bei Meßgeräten (VDE 0410) sein.

Die Wiedergabe der Normalschaltungen für den äußeren Anschluß wurde auf die gebräuchlichsten Zähler mit Zusatzeinrichtungen für tarifliche Zwecke ausgedehnt. Ein besonderes System der Numerierung der Schaltungen läßt aus der Schaltungsnummer bereits die Art des Zählers erkennen. Die Anschlußklemmen wurden mit den vorgeschriebenen Klemmennummern bezeichnet.

Als Anhang ist den Regeln ein Verzeichnis der einschlägigen Normblätter betr. Elektrizitätszähler beigegeben.

Die Regeln wurden in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB), dem Deutschen Amt für Maß und Gewicht (DAMG) und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) aufgestellt.

## Entwurf neuer VDE-Regeln für Isolatoren für Starkstromfreileitungen

Von H. Meyer, München

DK 621.315.62

Die im Jahre 1929 in Kraft gesetzten „Leitsätze für die Ausführung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“, VDE 0446, waren, abgesehen von einer im Jahre 1940 vorgenommenen wichtigen Änderung der Bestimmungen über die mechanische Dauerprüfung von Freileitungsisolatoren, unverändert bis jetzt gültig. Das Bedürfnis nach einer grundlegenden Neubearbeitung lag allerdings schon längere Zeit vor. Noch während des Krieges hatte der damalige Vorsitzende der VDE-Kommission, Herr Dr. Weicker<sup>1</sup>, einen Entwurf für neue Regeln für die Prüfung von keramischen Isolatoren unter Berücksichtigung der Beratungen bei der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) aufgestellt<sup>1</sup>. Dieser Entwurf hat die Inangriffnahme der Arbeiten durch die Mitte 1949 neu gebildete Kommission VDE 0446 sehr erleichtert. Diese Arbeiten sind nunmehr soweit abgeschlossen, daß der Entwurf für die Neufassung von VDE 0446 der Öffentlichkeit zur Stellungnahme übergeben werden kann<sup>2</sup>.

Schon die Bezeichnung „Regeln für Isolatoren für Starkstromfreileitungen“ läßt die Weiterentwicklung der bisherigen Leitsätze zu Regeln<sup>3</sup>, die Einschränkung der neuen Regeln auf Freileitungsisolatoren und ihre Anwendbarkeit auch auf nichtkeramische Werkstoffe erkennen. Die Zweckmäßigkeit, die Isolatoren für Schaltanlagen (Durchführungen, Stützer, Endverschlüsse usw.)<sup>4</sup> aus den neuen Regeln herauszunehmen, ergab sich vor allem bei den Beratungen über die mechanische Prüfung und die Temperaturwechselprüfung. Bei dem starken Abweichen der Größenverhältnisse und Beanspruchungsarten von Isolatoren für Schaltanlagen und für Freileitungen wäre die Festlegung unterschiedlicher Prüfverfahren in derselben VDE-Bestimmung notwendig geworden. Als wichtige Neuerung umfaßt der vorliegende Entwurf auch Isolatoren für Starkstromfreileitungen unter 1000 V. Die Möglichkeit, die neuen Regeln

<sup>1</sup> Nach VDE 0022/3.51 gilt: Regeln sind Bestimmungen, von denen unter eigener Verantwortung in Einzelfällen abgewichen werden kann, wenn besondere Gründe dies rechtfertigen. Leitsätze sind Bestimmungen, deren Beachtung empfohlen wird und die nach Bewährung in Form von Regeln oder Vorschriften herausgegeben werden sollen.

<sup>4</sup> Für derartige Isolatoren wird die VDE-Kommission 0670 „Hochspannungsgeräte“ neue Prüfbestimmungen ausarbeiten.

<sup>2</sup> Als Gemeinschaftsarbeit mit Herrn Dr. Jacottet.  
<sup>3</sup> Der Entwurf der neuen Regeln VDE 0446 kann von der VDE-Vorrichtungsstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, bezogen werden. Siehe Bekanntmachung ETZ 72 (1951) H. 18, S. 561.



unter bestimmten Voraussetzungen auch auf nichtkeramische Werkstoffe anzuwenden, mußte geschaffen werden vor allem im Hinblick auf Bestrebungen, auch Glas für die Isolation von Starkstromfreileitungen einzuführen.

Im einzelnen lassen die neuen Regeln folgende wichtige Unterschiede gegen die bisherigen Leitsätze erkennen:

Die früher nicht behandelten Abschnitte I (Gültigkeit) und II (Begriffserklärungen) enthalten Bestimmungen über Geltungsbeginn und Geltungsbereich, Erläuterungen der wichtigsten elektrischen und mechanischen Begriffe sowie eine Übersicht über die Einteilung der Prüfungen.

In Abschnitt III sind unter Hinweis auf die einschlägigen DIN-Blätter die Bestimmungen über Abmessungen mit Angabe der zulässigen Toleranzen, über die Oberflächenbeschaffenheit mit Angabe des größtzulässigen Ausmaßes von Glasurfehlern und über Ursprungszeichen viel eingehender als in den bisherigen Leitsätzen behandelt.

Abschnitt IV enthält die eigentlichen Prüfbestimmungen. Während früher zwischen einer „Stückprüfung (Prüfung sämtlicher Stücke)“ und einer „Typenprüfung (Prüfung an Stichproben)“ unterschieden wurde, sehen die neuen Regeln nunmehr in klarer Weise eine Dreiteilung der Prüfungen vor. Es wird unterschieden zwischen „Stückprüfung“ und „Stichprobenprüfung“ einerseits, die bei jeder Abnahmeprüfung durchzuführen sind, und einer „Typenprüfung“ andererseits, die zum Nachweis kennzeichnender Eigenschaften des Isolators dient und nicht als Bestandteil üblicher Abnahmeprüfungen gilt.

Bei der Stückprüfung sind Kettenisolatoren so wie bisher schon 1 min lang auf Zug zu prüfen. Ebenso sind Stützen- und Kappenisolatoren in gleicher Weise wie früher elektrisch zu prüfen.

Bei der Stichprobenprüfung sind Stützen- und Kappenisolatoren einer Durchschlagprüfung im Gegensatz zu den bisherigen Leitsätzen wahlweise mit Wechselspannung oder mit Stoßspannung zu unterziehen. Die Wechselspannungsprüfung ist in gleicher Weise wie früher in einem Ölbad vorzunehmen. Bei der neu eingeführten Stoßspannungsprüfung sind je 20 Stöße einer Stoßwelle  $1/50 \mu\text{s}$  positiver und negativer Polarität und gegebenenfalls eine mehrmalige Wiederholung der Prüfung mit jeweils 20% höherer Spannung vorgesehen.

Als mechanische Prüfung ist für Stützenisolatoren eine Biegebelastung und für Zug- und Schäkelsisolatoren sowie für Isoliereier eine Zugbelastung vorgesehen, wobei die Prüfanordnung der tatsächlichen Beanspruchung im Betrieb möglichst entsprechen soll. Bei diesen Prüfungen müssen in jedem Fall die vereinbarten oder in den DIN-Blättern angegebenen Bruchlastwerte erreicht werden. Kappen-, Vollkern- und Langstabisolatoren sind betriebsmäßig armiert 24 h lang einer Zugbelastung mit der vorgeschriebenen 24-Stunden-Last auszusetzen. Kappenisolatoren sind anschließend daran elektrisch zu prüfen. Ferner ist die kritische Kurzzeitlast und, falls nicht bei dieser Prüfung schon der Bruch des Isolators eingetreten ist, noch der Bruchlastwert, der in jedem Falle über dem vereinbarten oder in den DIN-Blättern festgelegten Mindestbruchlastwert liegen muß, festzustellen. Bei Kappenisolatoren ist die Prüfung mit der kritischen Kurzzeitlast unter gleichzeitigem Anlegen einer Wechselspannung von bestimmter Höhe durchzuführen.

Bei Langstabisolatoren mit einer Baulänge von über 500 mm Länge ist eine Prüfung auf Geradlinigkeit vorgesehen. Die größtzulässige einseitige Abweichung wird in Prozent der Baulänge festgelegt; der später einzusetzende Prozentwert soll auf Grund von Großzahluntersuchungen bei derzeit laufenden Abnahmen von Langstabisolatoren noch ermittelt werden.

Hinsichtlich der Temperaturwechselprüfung kam es bei den Kommissionsberatungen wiederholt zu eingehenden Aussprachen über die Anzahl der Tauchungen und über den Temperaturunterschied der beiden Wasserbäder. Bei großen keramischen Körpern, wie sie besonders für Schaltgeräte höherer Reihenspannungen benötigt werden, hat sich eine Prüfung mit  $70^\circ$  Temperaturunterschied als zu

scharfe Beanspruchung erwiesen. Da die neuen Regeln nunmehr auf Freileitungsisolatoren beschränkt sind, erschließt sich jedoch die Beibehaltung eines Temperaturunterschiedes von  $70^\circ$  zulässig und im Hinblick auf die klimatischen Verhältnisse auch notwendig. Ebenso wurde der bisher übliche dreimalige Wechsel (im Gegensatz zu dem IEC-Vorschlag, der einen fünfmaligen Wechsel der Wasserbäder vorsieht) für ausreichend erachtet und beibehalten.

Die Prüfung auf Saugfähigkeit ist nach den neuen Regeln an Bruchstücken auszuführen, deren Gewicht 20% nicht überschreitet und deren unglasierte Flächen mindestens 75% der Oberfläche des Scherbens betragen sollen. Die sonstigen Bestimmungen für die Durchführung der Fuchsindruckprüfung wurden dem Sinne nach unverändert aus den bisherigen Leitsätzen übernommen.

Schließlich sind noch die Reihenfolge der Stichprobenprüfungen, die Anzahl der Prüflinge und das Vorgehen beim Auftreten von Versagern (Wiederholung einzelner Prüfungen oder Zurückweisung der gesamten zur Abnahme bereitgestellten Liefermenge) festgelegt.

Für die Typenprüfungen sind in den neuen Regeln die Anordnung der Isolatoren bei der Wechselspannungsprüfung und bei der Stoßspannungsprüfung sowie alle Einzelheiten der Wechselspannungsprüfung in trockenem Zustand und unter Regen und der Stoßspannungsprüfung festgelegt. Der Mindestwert der Überschlagwechselspannung muß dabei 10% über den jeweiligen für die einzelnen Reihenspannungen in VDE 0111<sup>5</sup> angegebenen Wert der Prüfwechselspannung liegen.

Bei der Regenprüfung darf die gegenüber den bisherigen Leitsätzen unverändert gebliebene Leitfähigkeit des Wassers in Übereinstimmung mit dem IEC-Entwurf nur eine Toleranz von  $\pm 10\%$  haben. Die Temperatur des Regenwassers soll von der Umgebungstemperatur des Isolators um nicht mehr als  $\pm 10^\circ\text{C}$  abweichen. Die sonstigen Bestimmungen über Druck, Regenstärke usw. sind unverändert geblieben.

Bei der Stoßspannungsprüfung ist zum Nachweis des mittleren Stoßpegels der Wert der 50%-Überschlagspannung oder der Stehstoßspannung für beide Polaritäten zu ermitteln, wobei dieser Wert die in VDE 0111<sup>5</sup> geforderten Werte des mittleren Isolationspegels nicht unterschreiten darf. Zur Beurteilung des Isoliervermögens im Sinne einer richtigen Isolationsabstufung wird noch die Aufnahme einer vollständigen Stoßkennlinie für die verschiedenen Isolatortypen empfohlen.

Wichtig ist schließlich noch die Bestimmung über die Aufnahme mechanischer Dauerlastkurven von Kettenisolatoren, da die Zuordnung dieser Isolatoren zu den Leitungsschnitten sowie zu den Seilzügen und Seilgewichten bekanntlich nach dem Dauerlastwert bei einjähriger Belastungszeit erfolgt.

In einem weiteren Unterabschnitt der Prüfbestimmungen ist noch angegeben, wie der Luftzustand (Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit) bei Messungen der Überschlagspannungen zu berücksichtigen ist.

Die Arbeiten der VDE-Kommission 0446 sind mit der Lage des vorstehend erläuterten Entwurfes der neuen Regeln einen guten Schritt vorwärtsgekommen, wemgleich ein wichtiges Problem, nämlich die Angabe eines Prüfverfahrens, die zerstörungsfreie Untersuchung von Isolierkörpern, die ungelöst geblieben ist. Diesbezügliche Forschungsarbeiten sind zwar an verschiedenen Stellen im Gange, aber noch nicht zu einer praktischen Brauchbarkeit gereift.

Als Ergänzung der Regeln VDE 0446 ist die Neubearbeitung der in ihrer jetzigen Fassung nicht befriedigenden Leitsätze für die Verschmutzungsprüfung von Isolatoren VDE 0448 in Aussicht genommen. Ferner wird die Aufnahme von Bestimmungen für die Prüfung der hochfrequenten Störfähigkeit von Freileitungsisolatoren besondere Zusammenhang mit der Einführung von Betriebsspannungen über 220 kV immer vordringlicher.

<sup>5</sup> In Neubearbeitung, Entwurf wird demnächst in der ETZ veröffentlicht.

## Die Ermittlung der Verschleißfestigkeit von Lackdrähten

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Fa. Dr. Kurt Herberts & Co, Wuppertal)

Von Fritz Polenz, Wuppertal

DK 621.315.337.4 : 620.178.16

Die Anforderungen, denen ein guter Lackdraht entsprechen muß, sind recht vielseitig. Neben die Bedingungen, die an den Kupferleiter hinsichtlich seiner Abmessungen und seiner mechanischen Eigenschaften gestellt werden, treten die Forderungen, welche von der Lackschicht als dem Träger der Isolation erfüllt werden müssen, damit das Erzeugnis den in der Praxis sich ergebenden elektrischen und mechanischen Beanspruchungen genügt. Ein Blick in das einschlägige DIN-Blatt (DIN 46454 „Runder lackisolierter Kupferdraht, Technische Lieferbedingungen; Ausgabe März 1943“) läßt erkennen, welche Eigenschaften die Anwender von Lackdrähten als maßgeblich für die Güte dieser Drähte ansahen, als man vor nunmehr etwa 10 Jahren daran ging, die Lieferbedingungen für Lackdrähte normenmäßig festzulegen. Das ständig wachsende Interesse, das den Lackdrähten von der Starkstromtechnik für die Zwecke des Elektromaschinenbaues entgegengebracht wird, läßt eine Reihe von Forderungen in den Vordergrund treten, welche bei der Aufstellung des DIN-Blattes noch nicht berücksichtigt wurden und welche die Lacktechnik durch Weiterentwicklung der Drahtlacke zu entsprechen sich bemüht. Man hat erkannt, daß der Lackdraht nicht allein den Beanspruchungen genügen muß, denen er in der Wicklung einer Maschine oder eines anderen Elektrogerätes betriebsmäßig unterworfen ist, sondern daß er vielmehr bereits bei der Fertigung der Geräte, z. B. bei der Herstellung der Spulenwicklungen oder bei deren Einbringung in den Wickelraum sehr starken mechanischen Einflüssen ausgesetzt ist, welchen er standhalten muß, wenn die Wicklung fehlerfrei sein soll. Abgesehen von der beim Wickeln auftretenden Dehnung, welche durch die Anpassung des Wickelverfahrens in erträglichen Grenzen gehalten werden kann, sind es zumeist unbeabsichtigte Verschleißeffekte, die den Lackfilm gefährden. Ein solcher Verschleiß tritt z. B. ein, wenn der Lackdraht durch eine schadhafte Führungsrichtung der Wickelmaschine läuft oder mit vorstehenden Blechpaketen mit Grat behafteten Kanten des Blechpaketes in Berührung kommt. Die durch derartige Beanspruchungen entstehenden Beschädigungen des Lackdrahtes werden um so eher vermieden, je verschleißfester der Lackfilm ist. Es ist daher erwünscht, diese Verschleißfestigkeit als ein spezifisches Güte Merkmal zu erfassen und in Form eines Zahlenwertes festzulegen. Wenn sich auch gezeigt hat, daß die Härte der Lackschicht und ihre Dehnungsfähigkeit für die Verschleißfestigkeit mitbestimmend sind, so ist es doch bisher nicht gelungen, die für die letztgenannten Eigenschaften ermittelten Güte werte in einen einfachen Zusammenhang mit dem in der Praxis festgestellten Grad der Verschleißfestigkeit zu bringen. Dies liegt offenbar daran, daß neben der Härte und der Dehnungsfähigkeit der Lackschicht noch andere elementare Eigenschaften mitwirken, die sich, wie z. B. der strukturelle Aufbau des Films, einer mit einfachen Mitteln durchführbaren Beobachtung entziehen. In solchen Fällen bleibt zunächst keine andere Möglichkeit, als die betreffende Eigenschaft durch ein den praktischen Beanspruchungen möglichst gut angepaßtes technologisches Prüfverfahren zu erfassen. So ist in den letzten Jahren eine Anzahl von Prüfverfahren für die Bestimmung der Verschleißfestigkeit von Lackdrähten entstanden. Alle diese Verfahren haben die in der Praxis auftretenden Beanspruchungen dadurch nachzuahmen, daß ein Körper von genau bestimmter Gestalt und Abmessung mit einer bestimmten Kraft gegen einen Lackdraht gedrückt und gleichzeitig relativ zum Lackdraht entweder in der Längsrichtung des Drahtes oder senkrecht dazu mit bestimmter Geschwindigkeit bewegt wird; die Bewegung erfolgt entweder nur in einer Richtung oder hind und hergehend in zwei entgegengesetzten Richtungen. Durch die Wirkung der dabei auftretenden gleitenden Reibung wird die Lackschicht allmählich abgetragen, bis der blank

Kupferleiter zutage tritt. Die hierfür aufgewendete Anzahl der Bewegungszyklen gilt dann als Maßzahl für die Verschleißfestigkeit der Lackschicht. Bei diesen Verfahren muß besonderer Wert darauf gelegt werden, die Gestalt des den Verschleiß bewirkenden Körpers nach Form und Oberflächenbeschaffenheit eindeutig und gut reproduzierbar festzulegen. Man bildet ihn deswegen zumeist als eine hochglanzpolierte Fläche mit einem bestimmten Krümmungsradius aus; als Werkstoff dient entweder hochfester gehärteter Stahl oder Achatstein. Je vollkommener es gelingt, die ideale Form und Beschaffenheit, insbesondere hinsichtlich der Oberflächenqualität, zu erreichen, desto geringer ist die Streuung der einzelnen Ergebnisse innerhalb einer Prüferie, so daß dann wenige Prüfungen eines Lackdrahtes ausreichen, um einen zuverlässigen Mittelwert bilden zu können.

Die Ergebnisse derartiger Verschleißprüfungen sind zwar durchaus als zuverlässig anzusehen; indessen ist es noch keineswegs erwiesen, daß die geschilderte Art der Verschleißbeanspruchung die in der Praxis vorliegenden Verhältnisse wiedergibt. Es scheint zum mindesten zweifelhaft, daß durch die Berührung eines Lackdrahtes mit abgerundeten und einwandfrei geglätteten Kanten Verletzungen des Lackfilms entstehen, welche die isolierende Wirkung zunichte machen. Solche Beschädigungen der Lackschicht werden vielmehr an scharfen und mit Grat behafteten Kanten und dergleichen eintreten, so daß es naheliegend wäre, die Prüfung der Verschleißfestigkeit hierauf abzustellen. Es sind bereits Versuche in dieser Richtung unternommen worden; indessen haben sie nicht zu brauchbaren Ergebnissen geführt, weil es bisher nicht gelungen ist, den Verschleißkörper mit einer einwandfrei „scharfen“ Kante zu versehen, wobei unter einwandfrei verstanden wird, daß bei einem bestimmten Kantenwinkel die Kante selbst einen Krümmungsradius von praktisch Null hat und keinerlei Grat oder Scharten aufweist. Durch Schleifen und Polieren läßt sich dies nur unvollkommen erreichen, wie die Betrachtung so hergestellter Kanten schon bei mäßiger Vergrößerung erkennen läßt. Daß derartige Unregelmäßigkeiten in der Kantenoberfläche auf den Verlauf des Verschleißvorganges von Einfluß sind, zeigt sich in einer größeren Streuung der mit solchen Kanten ermittelten Verschleißwerte.

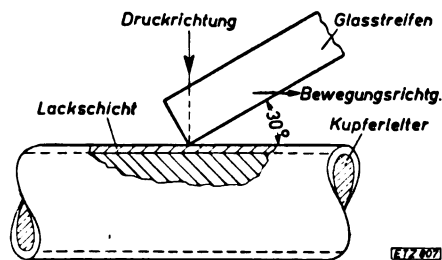


Bild 1. Prinzip der Verschleißprüfung.

Eine Kante, die der oben skizzierten idealen Form recht nahe kommt, entsteht, wenn man eine Glasscheibe bricht, nachdem man die Bruchlinie zuvor mit einem Diamanten angeritzt hat, etwa in der Art des Zuschneidens von Glas mittels eines Glaserdiamanten. Die nähere Untersuchung der der Anreißlinie abgewandten Bruchkante läßt erkennen, daß diese in der Tat bei einem Kantenwinkel von ungefähr 90° absolut scharf (Krümmungsradius = 0) und gratfrei ist. Das gebrochene Glas liefert also den gewünschten Verschleißkörper in einer praktisch ausreichenden Vollkommenheit; er ist reproduzierbar und in einfacher Weise und ohne besondere Kosten herzustellen.

Das Prinzip der Verschleißprüfung mit einer solchen Kante ist in Bild 1 dargestellt: Die Glaskante wird unter

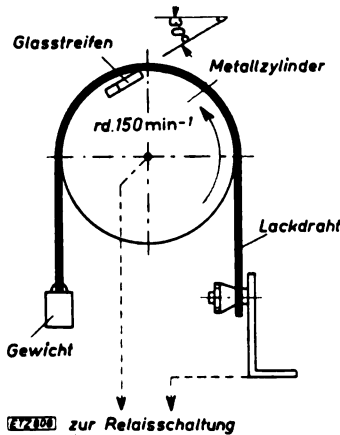


Bild 2. Schema der Prüfeinrichtung.

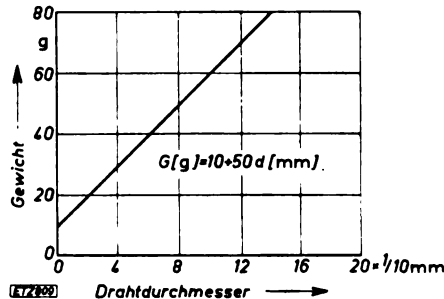


Bild 3. Die Gewichtsbelastung des Lackdrahtes.

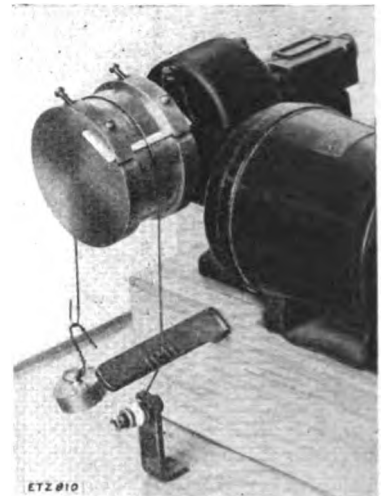


Bild 4. Der Aufbau des Prüfgerätes.

einem Winkel von 30° auf den Lackdraht aufgesetzt und mit einem bestimmten gleichbleibenden Druck längs des Lackdrahtes bewegt und zwar stets in der gleichen Richtung, so daß der Lackfilm durch die schabende Wirkung der Glaskante allmählich bis auf den blanken Kupferleiter abgetragen wird. Das Schema der nach diesem Prinzip arbeitenden Prüfeinrichtung zeigt Bild 2. In einem um seine Achse rotierenden hochglanzpolierten Messingzylinder von rd. 60 mm Dmr. und rd. 25 mm Breite ist ein Glasstreifen von 2 mm Dicke so eingelassen, daß er mit der Zylindertangente einen Winkel von 30° bildet. Um zusätzliche Biegebeanspruchungen des Drahtes bei der Prüfung zu vermeiden, ragt die Glaskante nur etwa 0,1 mm über die Mantelfläche des Zylinders heraus. Der zu prüfende Lackdraht wird mit einem blank gemachten Ende in einer Anschlußklemme befestigt, glatt über den halben Umfang des Metallzylinders gelegt und an seinem freien Ende mit einem Gewicht belastet. (Vor dem Anlegen des Lackdrahtes wird der Zylinder so weit gedreht, daß die Glaskante den Lackdraht nicht berührt.) Die Gewichtsbelastung des Lackdrahtes ist in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser so gewählt, daß sich bei verschiedenen Lacksorten gut unterscheidbare Zahlenwerte für die Verschleißfestigkeit („Schabefestigkeit“) ergeben (siehe Bild 3). Der Zylinder einerseits und die Anschlußklemme für den Lackdraht andererseits sind über eine Spannung von etwa 10 V mit einer Relaischaltung verbunden, welche bei der Berührung des blanken Kupferleiters mit dem Metallzylinder

dessen Antrieb stillsetzt. Mit dem Zylinder ist ein Umdrehungszähler gekuppelt. Nach Ingangsetzen des Antriebes wird die Lackschicht durch die Glaskante stetig abgetragen bis der blanke Kupferleiter zu Tage tritt und mit dem Metallzylinder Kontakt macht, wodurch der Antrieb abgeschaltet wird. Die Zahl der vom Zylinder ausgeführten Umdrehungen ist das Maß für die „Schabefestigkeit“ des Lackdrahtes.

Bild 4 zeigt den Aufbau des Prüfgerätes. Oberhalb der Anschlußklemme für den Lackdraht ist eine gezähnte Platte angeordnet, mit deren Hilfe die einzelnen Prüflinge jeweils an eine noch nicht benutzte Stelle der Glaskante gelenkt werden. Ist auf diese Weise nach mehreren Prüfungen die Glaskante auf ihrer ganzen Länge beansprucht worden, so wird der Glasstreifen gegen einen neuen ausgewechselt, wobei darauf zu achten ist, daß seine gratfreie Kante (d. h. die dem Diamantrieb entgegengesetzte Seite) dem Lackdraht zugekehrt ist.

Während der Prüfung kann gut beobachtet werden, wie sich die Lackschicht verschleißt. Je nach der Beschaffenheit des Lackes wird er in Form eines körnigen Staubes oder eines mehr oder weniger zusammenhängenden Spanes abgetragen. Die Beobachtung der abgetragenen Teilchen läßt schon bei mäßiger Vergrößerung Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Lackfilmes zu.

### Eine Berechnung der Loschmidtschen Zahl

DK 539.153.4

Nur mit der damaligen Unkenntnis des Atombaus ist die Naivität zu entschuldigen, mit der ich um 1900 als Student eine Berechnung der Loschmidtschen Zahl aus elektrolitischen Daten versuchte. Und da sie ein der Größenordnung nach ziemlich richtiges Ergebnis brachte und man andererseits seither gelernt hat, daß ganz verschiedene Betrachtungsweisen gleichberechtigt sein können, mag es gestattet sein, diese Berechnung mitzuteilen.

Der Gedankengang ist einfach: In wieviele (kugelförmig gedachte) Atome muß sich ein Mol (z. B. von Silber) zerlegen, damit von ihnen die bei der Elektrolyse übergehende Elektrizitätsmenge elektrostatisch getragen werden kann?

- In der folgenden Rechnung bedeutet
- $r$  den Radius eines Silberatoms in  $\text{cm}$ ,
- $\epsilon$  die Ladespannung eines Silberatoms in Volt,
- $\eta$  die Dielektrizitätskonstante des Wassers,
- $n$  die Anzahl der Silberatome für 1 Coulomb,
- $N$  die Loschmidtsche Zahl (Sollwert  $6,02 \cdot 10^{23}$ ),
- 10,6 die Dichte des Silbers,
- 108 das Äquivalentgewicht des Silbers.

1 Coul entspricht  $1,12 \cdot 10^{-3}$  g Silber. Diese Menge zerlegt sich in  $n$  Kugeln der Masse  $4\pi r^3 \rho / 3$ , so daß

$$r^3 \cdot n = \frac{3 \cdot 1,12}{4\pi \cdot 10^3 \cdot \sigma} = \frac{0,253}{10^3 \cdot \sigma} \quad (1)$$

Andererseits ist, da die elektrostatische Kapazität einer Kugel gleich ist ihrem Radius,

$$1 \text{ Coul} = \frac{r n \epsilon \eta}{9 \cdot 10^{11}} \text{ oder } r n \epsilon \eta = 9 \cdot 10^{11} \quad (2)$$

(2) zur 3. Potenz erhoben und durch (1) geteilt ergibt

$$n^2 \cdot \epsilon^3 \cdot \eta^3 = 729 \cdot 10^{33} \cdot \frac{10^3 \cdot \sigma}{0,253} = 2880 \cdot 10^{36} \cdot \sigma \text{ und}$$

$$n^2 = 28,8 \cdot 10^{36} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon^3 \eta^3}, \text{ so daß } n = 5,36 \cdot 10^{19} \sqrt{\frac{\sigma}{\epsilon^3 \eta^3}} \quad (3)$$

$$\text{Es ist } \frac{N}{n} = \frac{108}{1,12 \cdot 10^{-3}} = 96500 \text{ und}$$

$$N = 5 \cdot 10^{24} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\epsilon^3 \eta^3}} \quad (4)$$

Die Werte aller 3 benannten Größen sind unsicher. Aber mit einiger Wahrscheinlichkeit wird man

$$\sigma = 10,8 \quad \epsilon = 1 \quad \text{und} \quad \eta = 81 \text{ setzen dürfen. Dann ist}$$

$$N = 0,23 \cdot 10^{23}$$

also etwa 30 mal kleiner als der richtige Wert. Eine größtmögliche Genauigkeit ist von einer solchen Rechnung nicht zu erwarten.

W. Burstyn

## R U N D S C H A U

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.24

**Luftelektrische Anlage mittlerer Leistung mit Pumpwasserspeicherung.** [Nach R. Vezzani: Elettrotecnica 37 (1950), S. 398; 21 $\frac{1}{2}$  S., 9 B.]

Der Verfasser, Mitglied des Obersten Rates der öffentlichen Arbeiten in Italien, berichtet zusammenfassend über neue Richtlinien, die beim Projekt einer luftelektrischen Anlage „Pilot“ von 500 kW auf der Insel Giglio (Provinz Grosseto) angewendet werden sollen. Man beabsichtigt dabei, die Windenergie im Raume durch Anwendung des Venturirohres zu konzentrieren und den Unterdruck in der Verengung (im Hals) des Rohres durch statische Sauglüfter an dessen Ausgangsmündung zu verstärken. Es wird die Leistung und die gewinnbare Energie auf Grund der etwa 20 Jahre zurückreichenden Anemometermessungen der betreffenden Zone ermittelt, und im Rechnungswege mit den im Windtunnel gewonnenen Versuchsergebnissen an den Modellen der verschiedenen Teile, die die Anlage bilden, verglichen.

Mit der Besprechung dieses Projektes, das derzeit dem obersten Rat der öffentl. Arbeiten zur Prüfung vorliegt, ist auch das Studium über die Energie-Speicherung verbunden, die mit zwei Gleichstromgeneratoren konstanter Spannung und durch Überpumpen von Meerwasser in ein Speicherbecken erfolgen soll, das durch die Absperrung eines Tales der von Natur granitene Insel durch einen Damm erhalten wird. Es werden auch die Richtlinien für die Regelung der Anlage ausführlich behandelt, die teils durch die Änderung des Eintrittswinkels der Flügel des Windmotors, teils mittels Regelung der Erregerspulen der Erregermaschine bewirkt werden soll.

Die grundsätzlichen Mängel der freien Windmotoren geben den Anlaß, die Lösung dieses Problems mit anderen Mitteln zu suchen, die der Verfasser wie folgt zusammenfaßt:

1. Die großen, langsamen, für den freien Windeinfall recheneten und hierfür drehbar einzurichtenden Windmotoren sind durch kleine, schnelle, vollkommen geschützte, für direkte Kupplung mit dem Stromerzeuger im Raume festgebauete Windmotoren zu ersetzen.

2. Dies bedingt Konstruktionen der Winderfassung, die auf dem Boden gegründet sind, und übliche Bauformen aufweisen, die so berechnet sind, daß sie wie bei den öffentlichen Hochbauten jeder aerodynamischen Beanspruchung widerstehen und die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Anlagen ergeben.

3. Alle verstellbaren Teile der Anlage, die der Erfassung der verschiedensten Windrichtungen dienen, müssen auf das Notwendigste beschränkt werden.

4. Steigerung des Wirkungsgrades der Umformung der Windenergie in die elektrische durch Einkapselung des Windmotors in ein entsprechendes Rohr.

Diese herausgestellten Forderungen sollen durch die Anwendung des Venturi-Prinzips erfüllt werden. Die Abmessungen des Windfangs (mit acht Eingängen), Motors und Sauglüfers werden berechnet. Der Venturi-Effekt soll auf Grund von Versuchen durch statische Sauglüfter am Ausgang des Diffusors noch verstärkt werden. Der Geschwindigkeitswachs in der Einschnürung wird mit 50%, die Wirkungsgradsteigerung gegenüber dem freien Windmotor mit 33% geschätzt, woraus sich eine Leistungserhöhung des Venturimotors zu etwa dem 4,5fachen ergibt. Die Abmessungen der Winderfassung fallen daher um das 2,12fache kleiner aus, als beim freien Motor, und die Motorflügel erhalten nur ein Drittel der Dm. Mit der nach Versuchen max. zulässigen Windgeschwindigkeit von 20 m/s ist die Motorgeschwindigkeit 44 m/s und die dazugehörige max. Motorleistung rund 3000 kW. Der Motor, der auf der Motorhohlwelle sitzt, erhält eine mechanische Leistung von rd. 2000 kW und die max. Drehzahl beträgt 378 U/min, bei 7 m/s Windgeschwindigkeit etwa 100 U/min. Zur Verwertung überschüssiger Windenergie ist eine Pumpspeicherung von Meerwasser in einen günstig gelegenen, durch Felsaushub und Dammbau gewonnenen, etwa 1000 m<sup>3</sup> fassenden Wasserspeicher vorgesehen. Dieser In-

halt genügt, um beim noch nicht dagewesenen Fall von 5 Tagen völliger Windstille den Tagesbedarf an elektrischer Energie in der Insel aufrecht zu erhalten. X

DK 620.9 : 669.71 (73)

**Stromsorgen der amerikanischen Aluminium-Industrie.** [Nach G. A. Baudart: Rev. Aluminium, 1950, S. 351.]

Im Vergleich zu anderen Zweigen der Metallherzeugung befindet sich die Aluminium-Industrie in Amerika in einer besonderen Lage. Die Erze spielen zwar auch hier eine große Rolle und die Verhüttungsverfahren für die Aluminium-Erzeugung, vor allem die Elektrolyse, sind technisch entwickelt, aber die Schwierigkeiten bestehen hier in der Lieferung des für die Elektrolyse benötigten Stromes. Während des zweiten Weltkrieges gestattete die Zusammenballung eines bedeutsamen Teiles der amerikanischen Stromerzeugung die Versorgung der amerikanischen Aluminiumhütten mit elektrischer Energie derart, daß im Jahre 1943 rund 850 000 t Aluminium erzeugt werden konnten. Dies war jedoch nur durch Zurückdrängung der sonst für den Zivilbedarf arbeitenden Industrie möglich. Diese Industrie ist nun seit 1945 wieder auf den Plan getreten und bezieht seitdem beträchtliche Strommengen. Trotz ständiger Erweiterung der amerikanischen Kraftwerke befinden sich die Vereinigten Staaten in einer nicht abreißen Untererzeugung von elektrischem Strom. Für die Aluminiumhütten mußte dieser Zustand nachteilige Folgen bringen. Unter diesen Umständen befaßt man sich in den USA zunächst damit, strategische Lagerbestände an Aluminium anzulegen, dann aber vor allem die wirtschaftlich verwertbaren Quellen des Landes für die Erzeugung elektrischer Energie zu steigern. In dieser Hinsicht legen die Amerikaner eine sichtliche Eile an den Tag, ihr Programm für die Erhöhung der Stromerzeugung und für die Entwicklung von Elektrolyseanlagen zur Behandlung von Aluminiumerzen zu beschleunigen. Bei Beendigung des zweiten Weltkrieges betrug die Erzeugungskapazität aller staatlichen und privaten amerikanischen Aluminiumwerke rd. 1 100 000 t jährlich, sie sank dann nach Stilllegung von nicht wirtschaftlich arbeitenden staatlichen Werken auf weniger als 700 000 t. Dieses Leistungsvermögen wurde jedoch bisher niemals vollkommen ausgenutzt, sei es aus Strommangel (das war 1948 der Fall), sei es infolge Geschäftsflaute (wie im Jahre 1949), so daß die Erzeugung 565 000 t nicht überstiegen hatte. Aus dem allgemeinen Aluminium-Bedarf von mehr als 712 000 t jährlich geht hervor, daß die heutigen Elektrolyseanlagen für die Verhüttung der Aluminium-Erze nicht einmal genügen, um dem gesteigerten Zivilbedarf und außerdem auch noch dem Heeresbedarf zu begegnen. Die staatlichen Stellen haben sich denn auch gezwungen gesehen, die Verhältnisse auf den Werken der Staatsindustrie nochmals zu untersuchen zwecks Ermittlung der etwa erforderlichen zusätzlichen Einrichtungen, die beschafft werden müßten, um die Leistungsfähigkeit der Werke zu erhöhen und gleichzeitig den Betrieb wirtschaftlich zu gestalten. Sollte das Energieproblem gelöst werden können, so könnte die amerikanische Aluminiumerzeugung in rund einem Jahr das Ausmaß ihrer Leistungsfähigkeit während des letzten Krieges wieder erringen. Die heute in dieser Hinsicht getätigten Bemühungen sind deshalb besonders beachtenswert, weil sie die Versorgung der verschiedenen Zweige des Zivilbedarfs mit Strom und damit deren Bestand auch während einer gespannten politischen Lage zu erhalten trachten. Kps

DK 621.315.17

**Leiter aus reinem Aluminium in Kraftübertragungslinien.** [Nach M. Vidmar: Elektrotehn. vestnik 18 (1950) S. 181 u. S. 245; 11 S.]

Anstatt des bisherigen Begriffes des äquivalenten Querschnittes, welcher zeigt, daß bei denselben Verlusten der Energieübertragung das Gewicht des Aluminiums  $8,9:(2,7 \cdot 1,7) = 1,94$ mal niedriger ist als dasjenige des elektrisch äquivalenten Kupferleiters, führt der Verfasser den Begriff des „mechanisch äquivalenten Querschnittes“ ein. An Stelle der Cu-Leiter setzt er die Al-Leiter, deren Querschnitt im Verhältnis der Dichten ( $8900 \text{ kg/m}^3$  für Cu,  $2700 \text{ kg/m}^3$  für Al), also 3,3mal größer ist. Es folgt, daß das Gewicht dasselbe geblieben ist, in derselben Spannweite entsteht derselbe Durch-

gang, d. h. es besteht dasselbe mechanische Bild. Die mechanische Spannung im Al ist 3,3mal niedriger. Doch die Energieverluste sind  $3,3/1,7 = 1,94$ mal niedriger (1,7 ist das Verhältnis zwischen den Leitfähigkeiten des Cu und Al) und die Baukosten der Fernleitung dieselben, wenn der Preis für Al und Cu gleich ist.

Die VDE-Vorschriften erlauben bei der „normalen“ zusätzlichen Winterbelastung in Cu-Seilen die Spannung  $186 \text{ N/mm}^2$  ( $1900 \text{ kp/cm}^2$ )<sup>1</sup>, was heißt, daß bei dem mechanisch äquivalenten Querschnitt das Al mindestens  $186/3,3 \approx 56 \text{ N/mm}^2$  ( $= 575 \text{ kp/cm}^2$ ) aushalten muß. Doch dieselben Vorschriften erlauben für Al  $78 \text{ N/mm}^2$  ( $800 \text{ kp/cm}^2$ ) und seine Festigkeit beträgt  $118 \text{ N/mm}^2$  ( $1200 \text{ kp/cm}^2$ ). Infolgedessen ist der Al-Leiter nicht „schwächer“ als der Cu-Leiter.

Die mechanische Festigkeit von Al-Leiter bezüglich der Proportionalitätsgrenze liegt für Cu bei rd.  $216 \text{ N/mm}^2$  und für Al bei rd.  $88 \text{ N/mm}^2$ . Der mechanisch äquivalente Querschnitt des Al ist zuverlässiger als der des Cu, weil  $3,3 \cdot 88 > 216$ . Dasselbe Ergebnis liefern die schweizerischen Vorschriften und die englischen Vorschriften geben dieselbe Zuverlässigkeit (die Eissschicht auf dem Leiter wächst proportional mit dem Leiterdurchmesser).

Wenn der Al-Preis zweimal so groß wäre wie der Preis für 1 kg Cu, wären die Kosten für Fernleitungsbau um 16% größer, aber es verbliebe eine Einsparung von 50% an Verlusten bei der Energieübertragung. Außerdem sind die Koronaverluste wegen des vergrößerten Durchmessers  $\sqrt{3,3} = 1,81$  mal niedriger.

M. Vidmar schlägt vor, daß man den Ausbau der jugoslawischen Hochspannungs-Fernleitungen mit Al durchführt.

MBY

DK 621.315.17 : 531.221

**Auslenkungen von Isolatorenketten.** [Nach M. P. F a y o u x : Bull. Soc. franç. Electr. 6 (1950) S. 417; 17 S., 38 B.]

Nach einer kurzen Darstellung der allgemeinen Berechnungsweise der Auslenkungen der Isolatorenketten an elektrischen Freileitungen und der seit 1924<sup>2</sup> oftmals behandelten angereicherten Berechnungsmethoden gibt der Verfasser eine für alle Probleme der Auslenkungen an Isolatoren-Hängeketten der elektrischen Freileitungen allgemein gültige und verwendbare sehr anschauliche und leicht zu handhabende graphische Methode. Auch die Ausgleichsvorgänge beim Bruch eines Leiters, mit und ohne Gleiten der Leiter in den Klemmen (evtl. Rutschklemmen), an unbeweglichen, festen Querträgern und beweglichen Drehtraversen verschiedener Konstruktionen, werden auf die graphische Behandlung mit den Kurven für die Spannungsbeanspruchungen im Leiterquerschnitt in Abhängigkeit von den Auslenkungen der Ketten,  $t_p = F(d_p)$  zurückgeführt.

Benötigt wird noch die Kurve der an jeder Kette entstehenden Differenzen  $\Delta t_{\text{ect}} = F(d_p)$ . Die Kurven sind unschwer zu gewinnen, für verschiedene Belastungs- und Temperaturzustände, für Eislast und ohne solche und schrittweise für jeden Tragpunkt innerhalb des betrachteten Abspannungsfeldes. Wenn auch z. B. die Rechenmethode Langhards<sup>3</sup> sehr gut und schnell zu handhaben ist, gibt diese allgemeine graphische Methode für alle möglichen Fälle passend einen nicht nur auf einen Wert beschränkten Überblick und ist daher zu empfehlen. Mit den erhaltenen ungünstigen Mastbeanspruchungen sind zuverlässige Unterlagen für die Festigkeitsberechnungen, insbesondere der Tragmaste, gewonnen.

Mu

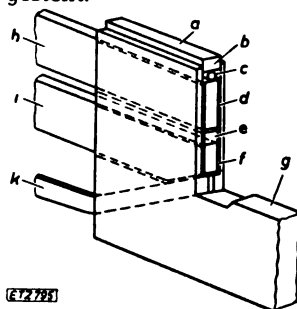
## Elektrische Maschinen

DK 621.333.047.2/045.18

**Lotarme Verbindungen zwischen Wicklung und Kommutator bei Bahnmotoren.** [Nach J. R. R e e d : Electr. Engng. 69 (1950) S. 901; 4 S., 4 B.]

Mit der Verbesserung der in den Bahnmotoren angewendeten Isolierstoffe war auch eine Erhöhung der zulässigen Erwärmung der Wicklungen verbunden (Übergang von Isolationsklasse A auf B und von B auf H bei der neuen Silicone-Isolation). Werden nun diese zugelassenen Erwärmungsgrenzen bei dem Entwurf neuer Bahnmotoren voll in Anspruch genommen, so muß auch die Lötverbindung zwischen Wicklung und Kommutator den auftretenden Temperaturen gewachsen sein. Bei Wicklungstemperaturen von  $150^\circ\text{C}$  gewährleistet ein Lot, das bei  $183^\circ\text{C}$  zu schmelzen beginnt, wegen der im Bahnbetrieb niemals ausbleibenden Überlastungen keine ausreichende Betriebssicherheit. Dies führte zum Ersatz der üblichen Zinn-Bleilegierungen durch eine Zinn-Antimonlegierung oder zu der (auch in Deutschland bei Bahnmotoren üblichen) Verwendung von Reinzin. Da aber der Schmelzpunkt des Reinzinns auch schon bei  $232^\circ\text{C}$  erreicht ist, so ist bei Silicone-Isolation die Anwendung von Loten mit noch höherem Schmelzpunkt notwendig.

Mit der Verarbeitung derartiger Lote sind gewisse Erschwerungen der Fabrikation verbunden, außerdem läßt sich auch offenbar ihre Leitfähigkeit bei höheren Temperaturen zu wünschen übrig; deshalb wurden Versuche mit einer lötfreien Verbindung zwischen Wicklung und Kommutator angestellt.



a Auflage für die zum Schmelzen des Lotes anzusetzende Kohle; b Abschlußstück; c Silber-Kadmiumlot; d Silberfüllstück; e Füllstück; f Silberblech; g Kommutatorauflage; h Oberstab; i Unterstab; k Ausgleichsblech.

Bild 1. Ausbildung der Silberbeile zur Festlegung der Wicklungen an den Kommutatorfahnen. Das Silber-Kadmiumlot dient nur zum Anlöten der Abschlußstücke an die Kommutatorfahnen.

ETZ 72/18

Es wurden 2 Versuchsanker hergestellt, bei denen die Schaltenden der Wicklung statt der üblichen Verzinnung mit einer Silberauflage versehen waren und bei denen die Oberfläche der zur Aufnahme der Wicklung dienenden Schlitzlöcher in den Kommutatorfahnen auf galvanischem Wege ebenfalls eine Silberauflage — und zwar von etwa  $0,01 \text{ mm}$  Stärke — aufgebracht worden war (siehe Bild 1). Beim Wickeln des Ankers wurden um die Schaltenden jedes 4. oder 5. Unter- und Oberstabes außerdem noch U-förmige Füllstücke aus Silberblech von etwa  $0,075 \text{ mm}$  Stärke gelegt. Durch diese nach Bedarf eingefügten Beilagen wurde ein fester Sitz der in die Schlitzlöcher eingetriebenen Wicklungsenden und somit ein sehr guter Kontakt zwischen den Spulen und den Kommutatorlamellen erreicht. Um zu verhindern, daß bei dem später erfolgenden Imprägnieren der Wicklung Tränklack sich in die Kontaktstellen hineinzieht, wurde während des Wickelns der Raum zwischen den Schaltenden hinter den Kommutatorfahnen durch Silicone-Compound dicht ausgefüllt. Der über den Schaltenden verbleibende Raum in den Fahnenlöchern wurde zwecks Sicherung gegen die Fliehkraft und zur Erzielung einer glatten Oberfläche bei dem ersten Anker durch hart eingelötete Kupferstücke ausgefüllt. Da die Hartlötung jedoch eine etwa notwendig werdende Auswechslung der Wicklung erschwert wurden bei dem zweiten Anker die Füllstücke mit einer Silber-Kadmiumlegierung eingelötet die zwischen  $340$  und  $390^\circ\text{C}$  schmilzt. Das Lot wird hier durch eine auf das Füllstück aufgedrückte glühende Kohle erhitzt. Die beiden Anker haben sich in hoch beanspruchten dieselektrischen Schnellzuglokomotiven bestens bewährt. Der 2. Anker wurde nach einer Laufleistung von  $330\,000 \text{ km}$  infolge Lagerschadens schwer beschädigt. Die Untersuchung der unversehrten Silberkontaktstellen ließ erkennen, daß eine gewisse Kaltschweißung stattgefunden hatte. (Anm.: Dem Bericht ist eine große deutsche Straßenbahn bekannt, die bereits seit Jahren mit bestem Erfolg die Schaltenden der Ankerwicklung ohne Anwendung von Lötmitteln im Kommutator „verstemmt“.)

Rtz

DK 621.313.13.077

**Rasche Drehrichtungsumkehr kleiner Elektromotoren.** [Nach Machinery 77 (1950) S. 356; 1 B.]

Häufig besteht die Aufgabe, Kleinmotoren schnell in der Drehrichtung umzusteuern. Besonders bei elektronischen Rechenmaschinen muß der Elektromotor in  $3 \dots 4 \text{ ms}$  seine Drehrichtung wechseln. Von J. R a b i n o w wurde beim US National Bureau of Standards eine derartige kleine Einrichtung geschaffen, bei der die vorhandene kinetische Energie des Motorläufers in die potentielle Energie einer durch den Anker

<sup>1</sup>  $1 \text{ N} = 1 \text{ Newton} = 0,102 \text{ kp}$  (Kilopond = Kilogramm-Kraft)

<sup>2</sup> G. Markt : ETZ 45 (1924).

<sup>3</sup> ETZ 49 (1928) S. 1121.



lauf gespannten Schraubenfeder umgewandelt wird, die den Motor sofort in der umgekehrten Drehrichtung beschleunigt. Für den Spezialantrieb wurde ein zweiphasiger Kleinmotor für 3200 U/min verwendet und eine Schraubenfeder benutzt, die aus gestrecktem Stahldraht von etwa 70 cm Länge und 4 mm Durchmesser besteht. Die Motorwelle wird mit der Feder über eine kleine Kupplung verbunden, durch die die Umsteuerung ausgelöst werden kann und die Feder gespannt wird, so daß sie bei der durchgeführten Umschaltung den Lauf in der anderen Drehrichtung beschleunigt. Die Kupplung kann mechanisch oder durch elektromagnetische Steuerung betätigt werden. Diese Einrichtung wurde bisher nur für Kleinmotoren verwendet, ist jedoch auch für größere Antriebe anwendbar und nur durch die mechanischen Teile in ihrer Ausführbarkeit beschränkt. Statt der Schraubenfeder können auch grundsätzlich ähnlich wirkende Energiespeicher für Umkehrantrieb verwendet werden, wenn nur zwischen Motorwelle und Energiespeicher eine auslösende Kupplung angebracht werden kann. ts

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.315.1 : 621.317.333.4

**Ortsbestimmung von Erdschlüssen auf Hochspannungs-Fernleitungen.** [Nach L. R. Spaulding und C. C. Die mond: Electr. Engng. 69 (1950) S. 134; 1 S., 2 B.]

Die Ortsbestimmung von Erdschlüssen auf Hochspannungs-Kraftübertragungen wurde nach dem Kriege besonders beachtet. Mehrere Systeme wurden beschrieben. Die Notwendigkeit besonderer Hilfsmittel besteht, wenn keine geeigneten Fernmeldeeinrichtungen vorhanden sind. Das nächstehend erörterte System C der „Bromeville Power Administration“ arbeitet nach dem Echo-Prinzip. Es ist frei von Fehlanzeigen und ermöglicht eine bequeme Ausdeutung der Anzeige, die auch photographisch festgehalten werden kann.

Die Einrichtung, welche aus mehreren Bausteinen aufgebaut ist, wird mit einer speziellen Relaischaltung an die fehlerhafte Phase gelegt. Während der Bereitschaft besteht keine Verbindung. Erst 33 ms nach Auftreten eines Erdschlusses wird von einem 10 kV Impulsgenerator ein Impuls von 1  $\mu$ s Dauer auf die Leitung gegeben, danach die Impulseinheit abgeschaltet und eine Empfangseinheit angelegt. Der Impuls wird an der Fehlerstelle reflektiert, läuft zum Ausgangspunkt zurück und wird dort aufgenommen. Als Maß für die Entfernung dient die Laufzeit. Der Impuls braucht 10,73  $\mu$ s um eine Meile (rd. 3,2 km) hin und zurück zu durchlaufen. Der reflektierte Impuls setzt die Einrichtung wieder außer Betrieb.

Das System wurde zunächst an einer 230 kV-Leitung ohne Spannung erprobt mit Dauererdschaltungen verschiedener Art. Weiterhin wurde eine beschränkte Anzahl von tatsächlichen Erdschlüssen dieser Leitung unter Spannung untersucht. Mit den vorhergehenden Versuchen bestand Übereinstimmung. Das Ergebnis war, daß an den Erdschlußpunkten ausgesprochene Reflexionen erfolgen, wenn ein Impuls auf die fehlerhafte Phase gegeben wird. Auch wenn 2 fehlerfreie Phasen parallel beeinflußt werden, erfolgt gute Reflexion, wenn auf der dritten Phase ein Erdschluß besteht. GOF

DK 621.314.22.08

**Kunstharz-Trockenmeßwandler.** [Nach A. Imhof: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 716; 8 S., 19 B.]

Die Entwicklungsarbeiten bei der Moser-Glaser u. Co. AG und den Kunstharz erzeugenden Firmen führten zum Bau von Kunstharz-Trockenwandlern, die inzwischen in mannigfacher Bauform in die Praxis eingegangen sind. Das Charakteristikum dieser Wandler ist die gegossene Isolation der Wicklungen gegeneinander und gegen Erde.

Die ursprünglich zum Ausgießen verwendeten Phenolharze befriedigten nicht, da sie durch Kondensation härten und die dabei entstehenden flüchtigen Bestandteile die Erzielung eines blasenfreien Gießkörpers praktisch unmöglich machten. Erst die in den letzten Jahren in Amerika und Europa entwickelten Polyester-Harze und Araldit-Harze, deren Merkmal es ist, vom monomeren in den polymeren Zustand ohne Bildung flüchtiger Bestandteile überzugehen, ermöglichten die Herstellung dickwandiger blasenfreier Gießstücke. Die angewandten Fabrikationsverfahren erfordern eine peinlich genaue Führung der einzelnen Prozesse,

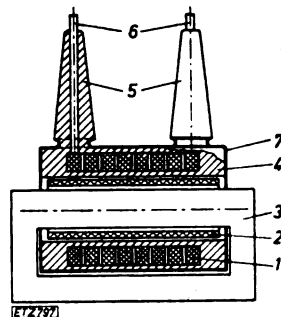
vor allem eine besondere Technik des Gießens (Bau geeigneter Formen, Verhinderung des Klebens an den Formen, Vermeidung hineingerissener und eingeschlossener Luft, Vermeidung von Schwind- und Wärmehausrisse, Verhinderung des Berstens des harten Gießstückes bei Erwärmung der Wandlerwicklung). Es ist gelungen, Gießmischungen mit sehr kleinem thermischen Ausdehnungskoeffizienten herzustellen. Die Dauertemperatur-Beständigkeit der Harze liegt bei etwa 120 °C. Die elektrische Durchschlagfestigkeit, gemessen mit eingesenkten Kugelelektroden in 3 mm Abstand, ist bei Raumtemperatur > 250 kV/cm (DK 3,7 ... 4,4;  $\text{tg}\delta = 0,6 \dots 1,1\%$  bei 20 °C und 50 Hz). Die verwendeten Harze zeichnen sich durch hohe Kriechstromfestigkeit sowie auch große mechanische Festigkeit aus.

Nach dem genannten Verfahren entstanden neuartige Strom- und Spannungswandler-Bauformen mit guter Anpassungsmöglichkeit an die Erfordernisse der elektrischen Anlagen. Die Wicklung des Kunstharzwandlers ist vollkommen in Material hoher Durchschlagfestigkeit eingebettet; das isolierende Harz füllt die kleinsten Zwischenräume und Poren der Wicklung aus, wodurch eine große Spannungsfestigkeit bei kleinsten Abmessungen gegeben ist. Das Kunstharz büßt weder durch Alterung noch durch Feuchtigkeit an elektrischer Qualität ein. Es ist zwar brennbar, aber nicht leicht entflammbar, es schmilzt nicht, sondern verkohlt.

Kunstharz-Stromwandler sind für höhere Nennspannungen ausführbar und auch in ihren Abmessungen kleiner als Porzellanstromwandler. Ihr Hauptvorteil liegt darin, daß sie, ob nun als Stab- oder Wicklungswandler ausgeführt, als absolut kurzschlußsicher anzusprechen sind. Kunstharz-Stromwandler sind bis 60 kV Nennspannung durchentwickelt. Es ist beabsichtigt, Stromwandler auch für höhere Spannungen noch trocken zu bauen.

Bild 2 zeigt den Querschnitt eines großen Kunstharz-Spannungswandlers für 20 kV Nennspannung. Die Spannungswandler werden auch in „lagengesteuerter“ Ausführung gebaut. Der mit einer Lagewicklung ausgerüstete Wandler weist eine hohe Festigkeit gegenüber Stoßspannungen auf. Lagengesteuerte Kunstharzwandler mit einpoliger Erdung bis 60 kV Nennspannung stehen im Werkbetrieb.

Mehrere Bilder zeigen in der Arbeit Ausführungsformen gebauter Schienen-, Stützer-, Durchführungs- und Hängewandler. Eine Umwicklung oder eine Reparatur der Wicklung ist bei diesen Wandlern natürlich nicht möglich. Über die Frei-



1 Primäre Wicklung, 2 sekundäre Wicklung, 3 Eisenkern, 4 Kunstharz-Gießkörper, 5 Durchführungen, 6 Anschlußbolzen, 7 Leiterbelag

Bild 2. Prinzipialskizze eines gegossenen Kunstharz-Spannungswandlers

luft-Wetterbeständigkeit der Kunstharzwandler ohne zusätzlichen keramischen Schutz liegen noch keine ausreichenden Erfahrungen vor. Vorläufig ist der Einbau der Innenraumtypen auch dort zulässig, wo direkte Bestrahlung und Beregnung vermieden, im übrigen aber die Wandler der Witterung (Nebel, Wind, feuchte Atmosphäre) ausgesetzt sind.

Um ein abschließendes Urteil über die Bewahrung der Kunstharz-Trockenwandler fällen zu können, wird man die Erfahrungen einiger Betriebsjahre abwarten müssen. Hr

DK 621.317.39.082.64 : 669.23

**Platin-Widerstandsthermometer für Temperaturmessungen bis 750 °C.** [Nach A. Barthel: Z. VDI 92 (1950) S. 726; 3 S., 7 B.]

Widerstandsthermometer haben hohe Meßgenauigkeit und leichte Fernübertragbarkeit der Meßwerte; sie sind mit Platin im Temperaturbereich von etwa  $-200 \dots +550$  °C geeignet. Als Wicklungsträger für Platin dienten bisher Glimmer, keramische Massen, Quarz- und Hartglas. Platin-Hartglas-Widerstandsthermometer sind unempfindlich gegen äußere Angriffe, haben gute Wärmeübertragungseigenschaften und können wegen ihres stabilen Aufbaus leicht in Schutzrohre eingesetzt werden. Wegen der bei 580 °C einsetzenden Glaserweichung liegt jedoch ihre obere Temperaturmeßgrenze bei 550 °C. Diese Temperaturgrenze wurde seit langem in der Technik als Mangel empfunden.

Neuerdings wurde von der Fa. Degussa, Hanau, ein Widerstandsthermometer entwickelt, bei dem als Wicklungsdraht ebenfalls reines Platin dient, die Meßwicklung völlig eingeschmolzen ist, und der Platindraht bifilar auf einen Körper aus Sintertonerde aufgewickelt ist. Die Anschlußdrähte werden durch Pfropfen aus Sintertonerde festgehalten. Der Meßdraht ist durch eine Emailleschicht bis über den Sintertonerde-Einsatzpfropfen geschützt, die der Anordnung gute Isolationseigenschaften verleiht. Die Abmessungen entsprechen dem der bisherigen Hartglasthermometer. Das neue Platin-Widerstandsthermometer ist in der Praxis für Temperaturmessung bis zu 750 °C geeignet. Durch die Einschmelzung des Platin in Emaille ändert sich der Widerstands-Temperaturverlauf; die zugehörigen Werte von -200 ... +800 °C können einer Zahlentafel entnommen werden.

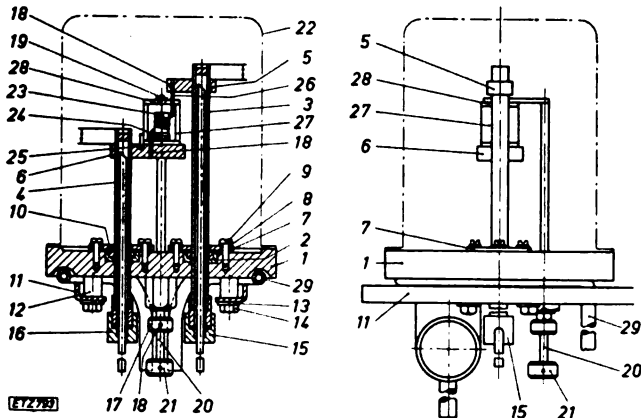
Das neue Thermometer wurde über viele Wochen bei 600, 700 und 750 °C erprobt. Die Dauerbeanspruchung wurde mehrere Monate fortgesetzt, wobei die Meßwerte nur ± 0,15% vom Sollwert abwichen. Bei 800 °C lagen jedoch die Meßergebnisse außerhalb der einzuhaltenden Toleranzen. Die Hysterese-Erscheinungen liegen in der Größenordnung von 0,10 Ω und haben damit etwa den gleichen Wert wie bei Hartglasthermometern. Polarisationserscheinungen treten erst oberhalb von 700 °C auf und sind bis 750 °C bei der Temperaturmessung noch nicht störend.

### Elektrowärme

DK 621.365.3/4

**Ein kleiner Hochtemperatur-Hochvakuumofen.** [Nach K. B. Alberman: J. Sci. Instrum. 27 (1950) S. 280; 3 S., 4 B.]

Für hohe Temperaturen kommt an sich der Lichtbogen und die induktive Erwärmung vorwiegend in Betracht. Für Laboratoriumszwecke ist der in Bild 3 dargestellte und erläuterte Widerstandsofen geeignet. Er arbeitet bis 2500 °C



- (1) Grundplatte aus Messing mit geschliffenem erhabenem Rand zum Aufsetzen der ebenfalls geschliffenen Glasglocken. Die Platte ist wassergekühlt.
- (2) Isolatoren aus Steatit zur isolierten Durchführung der beiden Anschlußbolzen (3) und (4)
- (3), (4) wassergekühlte Kupferelektroden zum Halten der Wolfram-Heizwendel (26)
- (5) Anschlußplatte für Kupferelektrode (3)
- (6) An Elektrode (4) befestigter Kupferblock als Träger des Reflektors (27)
- (7) stählerne Abdeckungsplatten und Unterlegscheiben (8) für die Befestigungsschrauben (9) zum Zusammenpressen der Vakuumdichtung (10) aus Gummi durch die Abdeckplatten
- (11) Füße, die mit der Grundplatte (1) über Schrauben (14) mit Unterlegscheiben (13) unter Zwischenschaltung von Abstandstücken (12) verbunden sind
- (15), (16) Anschluß für die Kühlwasserleitung
- (17), (21) Kragen an dem von außen her betätigbaren Halter für den beweglichen Deckel (28)
- (18) Schraube zur Befestigung des oberen Heizwendelendes an (5)
- (19) Verschlusschraube zum Abschluß der zentralen Bohrung in (28)
- (22) Glasglocke, vakuumdicht aufgesetzt (Rezipient)
- (23) Schmelztiegel
- (24) keramische Scheiben, auf denen der Tiegel steht. (Wahlweise kann er in einem widerstandsfähigen Metallrahmen ruhen)
- (25) Stift zum Festlegen des reflektierenden Mantels (27)
- (26) dicke Wolfram-Wendel
- (27) reflektierender Mantel, elektrisch mit dem ebenfalls reflektierenden Boden verbunden
- (28) Abnehmbarer Deckel mit zentraler Bohrung für Arbeiten mit einem optischen Pyrometer und einer seitlichen Bohrung zum Durchführen des oberen Heizwendelendes nach (18)
- (29) In eine rillenförmige Vertiefung der Grundplatte (1) eingelötetes kupfernes Kühlwasserrohr

Bild 3. Der Hochvakuumofen.

und mit  $5 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-6}$  Torr. Genau ist der Druck, der an der Arbeitsstelle selbst herrscht, nicht angebar. Der Ofen ist über zwei verschachtelt geschaltete Transformatoren für niedrige Sekundärspannungen an das Netz angeschlossen. Nickel bei 1455 °C, Rhodium bei 1966 °C und Iridium bei 2454 °C wurden geschmolzen, um das optische Pyrometer zu eichen, mit dem durch die Glasglocke hindurch gemessen werden muß. Die Eigenstandfestigkeit der Heizwendeln muß der Temperatur angepaßt sein. Auch die keramischen Bauteile müssen für die Temperatur ausgewählt werden. Magnesiumoxyd, Berylliumoxyd sind über 2000 °C nicht mehr geeignet. Dann kommen nur noch Thorium- und Zirkoniumoxyd in Betracht. Für den Spiegel hat sich ein geschichteter Aufbau aus Tantal und Molybdän bewährt. HM

DK 621.365.5

**Die Überwachung von Härte- und Feinstruktur bei der Induktionshärtung.** [Nach G. A. Warwick: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 21; 6 S., 7 B.]

Verschiedene Rückschläge bei der Anwendung der Induktionshärtung veranlassen den Verfasser, nach Prüfverfahren zu suchen, um Fehler zu vermeiden. So ist die zeitliche Begrenzung der Einwirkung des magnetischen Feldes wichtig, um z. B. die Durchhärtung des ganzen Querschnittes zu vermeiden. Auch bei der Verwendung von Röhrengeneratoren, bei denen die Tiefenbegrenzung am einfachsten durchzuführen ist, bedeuten Spannungsschwankungen oft eine erhebliche Unsicherheit. Eine Prüf- und zugleich Steuerungsmöglichkeit bietet eine Photozellensteuerung, bei der die Oberflächentemperatur des behandelten Gutes zur Steuerung des Vorganges benutzt wird. Der Zelle werden entsprechende Filter vorgeschaltet. Geeicht wurde die Anordnung in einem Widerstandsofen in Rohrform, in den ein Kohleblock eingeschoben wurde. Auf der einen Seite des Blockes wurde die Temperatur mit der zu eichenden Photozellenanordnung gemessen, auf der anderen mit Thermoelementen. Die Ofentemperatur zur Erwärmung des Blockes wurde um jeweils 50° gesteigert. Auf diese Weise war es möglich, die Härtetiefe genau zu steuern, wie Mikroschliffe ergeben haben. So zeigte sich, daß die hochgehärtete Oberfläche eines Stahles nahezu 100% Martensit enthält und daß die Tiefe dieser Zone der Oberflächentemperatur direkt und der Oberflächenbelastung (in W/cm<sup>2</sup>) umgekehrt proportional ist. Kurven über die Verteilung der Martensit-, Ferrit- und Gesamthärteschicht sind beigefügt. Der Verfasser diskutiert weiter den Einfluß der Frequenz auf die Härtetiefe, wobei wegen des bei hohen Temperaturen verschwindendem Einflusses der Permeabilität der Frequenz ein Hauptteil an der Hautwirkung zukommt. Für die Abschreckung wurde nach einer Reihe von Versuchen die Abschreckung im Wasserstrahl als die schärfste Härtemethode anerkannt und nach ihr die Härtetiefe bestimmt. Bei allen Versuchen wurde festgestellt, daß der Einfluß der Wärmeleitfähigkeit bei den Induktionshärtungsvorgängen und der Abschreckung im Wasserstrahl vernachlässigbar ist. Nach einer Besprechung der Arbeiten von Stansel, Brown, Hoyler und Bierwirth kommt er auf die Unterschiede zwischen den nach diesen Arbeiten errechneten Werten und seinen eigenen Feststellungen zu sprechen und schiebt die Unterschiede auf die bekannten Unsicherheiten in der Errechnung der Temperaturen und der sogenannten Eindringtiefe, denen er erhebliche Abweichungen zuschreibt. Er sieht in der Klärung der Zusammenhänge zwischen induzierter Energie und Härtetiefe, in der Beseitigung der Ungleichmäßigkeit des Temperaturgefälles während der induktiven Erwärmung und der Beschränkung des Zeitverlustes zwischen Erwärmung und Abschreckung die Wege zur einwandfreien Durchführung des Härteprozesses auf induktivem Wege. HM

DK 621.36 : 664.65

**Wärmewirtschaft im Backprozeß.** [Nach A. Schuilenburg: Elektrotechnik 28 (1950) S. 507; 6 S., 11 B.]

Der Aufsatz geht zunächst auf Backzeiten, Temperaturen und Wärmeaufnahme verschiedener Brotsorten ein, deren Zusammensetzung angegeben wird. Nach Erörterung der Verdampfungsverluste werden Angaben über den zeitlichen Verlauf der Wärmeaufnahme gemacht und schließlich die verschiedenen Ofenformen in bezug auf ihre Brauchbarkeit untersucht. Neben einem Vergleich des Verbrauches für die verschiedenen Wärmequellen werden Angaben für die in Holland üblichen Backöfen gemacht unter Angabe des Ausnutzungsfaktors für die verschiedenen Brennstoffe. HM

## Verkehrstechnik

DK 621.332.38 : 621.335.8

**Eisenbahnfahrzeuge zur Kontrolle von Fahrleitungen.** [Nach Engineer 190 (1950) S. 367; 3 B.]

Auf den Strecken London Liverpool Street—Sheffield und Manchester—Sheffield wurden von der British Railways zwei Diesel-Fahrzeuge in Betrieb genommen, die die 1500 V-Fahrdrahtleitung überwachen sollen und von denen aus Instandsetzungsarbeiten am Fahrdraht ausgeführt werden können. Die Fahrzeuge haben eine niedrige Arbeitsgeschwindigkeit von 2,4 km/h. Sie sind mit besonderen Fenstern ausgestattet, so daß von dem Beobachtungsstand aus eine gute Sicht der über Kopf befindlichen Fahrleitung gewährleistet ist. Auch ein Suchlicht kann in der Dunkelheit auf die Fahrleitung gerichtet werden. Die Montageplattform wird hydraulisch betätigt. Die Wagen haben Ganzstahlbauweise und sind im Inneren mit den niedrigsten Werkstatteinrichtungen versehen. Die Dieselmachine ist vierzylindrig, leistet 68 PS bei 1700 U/min und ist mit elektrischem Anwurf ausgestattet. Auch Handanwurf ist für den Notfall möglich. Erreicht werden kann eine maximale Geschwindigkeit von 37 km/h. Der Wagen hat Druckluft- und Oldruckbremsen. Außerdem sind zwei getrennte 24 V-Anlagen vorgesehen; einmal dient eine Dynamomaschine zur Stromversorgung, außerdem eine Akkumulatorenbatterie für 24 V, 185 Ah. Die Montageplattform ist teleskopartig ausschierbar und hat eine maximale Höhe von fast 6,6 m über Schienenoberkante.

ts

DK 621.335 : 629.11 : 531.382

**Betriebserfahrungen mit dem Gyrobuss.** [Nach Techn. Rdsh. 42 (1950) Nr. 39, 5 S.]

Der in der Schweiz entwickelte neuartige Gyrobuss<sup>1</sup>, der als Omnibus mit Kreiselantrieb in Altdorf einen fahrplanmäßigen Probebetrieb durchführte, hat sich dabei gut bewährt. In der Probezeit wurden etwa 1000 km zurückgelegt und über 8000 Personen befördert. Die gestellten Erwartungen wurden in jeder Hinsicht erfüllt. Der Gyrobuss zeichnete sich durch ruhigen Lauf, sauberen Betrieb und insbesondere durch Wirtschaftlichkeit aus, so daß seine weitere Einführung sicher sein dürfte.

ts

## Fernmeldetechnik

DK 621.39 : 654.05

**Eine neue Bauart von Personensuchanlagen.** [Nach A. T r ä g a r d h : Ericsson Rev. 1950, S. 60; 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> S., 4 B.]

Personensuchanlagen werden in zunehmendem Maße in Bürohäusern und Betrieben verwendet, um durch rasches Herbeirufen solcher Personen die Abwicklung des Betriebes zu ermöglichen, welche auf Grund ihrer Tätigkeit häufig von ihrem Arbeitsplatz abwesend sind und sich an den verschiedensten Stellen des Betriebes aufhalten. Derartige Anlagen bestehen im allgemeinen aus einem Geber, der meistens in der Fernsprechvermittlung untergebracht ist, den Steuerrelaisätzen und den Suchtafeln. Hierbei werden vielfach Tafeln mit mehreren Leuchtdfeldern verwendet, welche mit unterschiedlichen Farbeinlagen versehen sind, so daß aus der jeweils eingeschalteten Kombination die gesuchte Person zu erkennen ist. Nach der Anzahl der zu erfassenden Personen richtet sich die Zahl der Leuchtdfelder. Mit 5 Feldern lassen sich 31 Kombinationen bilden, d. h. 31 Personen suchen. Eine Verdoppelung dieser Zahl wird dadurch erreicht, daß man einmal die Lampen ruhig brennen, das andere Mal flackern läßt.

Hier wird eine neue Anzeigetafel beschrieben, die fünf gleichfarbige, und zwar rote Lampen enthält und die Kennzeichnung nicht mehr durch die Farbkombinationen vornimmt, sondern durch die räumliche Anordnung der fünf Lampen erreicht. Anlaß für diese Maßnahme war die schlechte Erkennbarkeit der Farben bei einfallendem Sonnenlicht. Durch Verwendung besonderer, geriffelter Linsen aus Polystyrol soll eine gute Erkennbarkeit auch bei ungünstigster Beleuchtung gewährleistet sein. Die Anzeigergeräte besitzen runde Form und sind in zwei Ausführungen, für Aufputz- und Unterputzmontage, bei Verwendung des gleichen Einsatzes vorgesehen. Ein eingebauter Summer dient als akustisches Aufmerksamkeitssignal.

Der Geber ist so ausgeführt, daß er horizontal als Tischgeber verwendet oder vertikal auf dem Vermittlungsschrank der Fernsprechzentrale aufgestellt werden kann. Er enthält

drei zehnteilige Klinkenstreifen und einen schnurlosen Stöpsel. Jede der 30 Klinken ist für 2 Personen vorgesehen, wobei die Einschaltung des Flackerlichtgebers für die zweite Serie durch einen gemeinsamen Schalter erfolgt. Durch Stecken der Klinke wird die der Klinke und damit der zu suchenden Person zugeordnete Lampenkombination eingeschaltet. Ferner ist eine Ruftaste eingebaut, durch welche das akustische Aufmerksamkeitssignal ausgelöst wird. Bezeichnungstreifen tragen die Namen der Personen. Um der Bedienungsperson die Arbeit zu erleichtern und unnötiges Suchen von Personen zu vermeiden, welche abwesend sind, werden farbige Blindstöpsel verwendet, durch welche die Kontakte der gesteckten Klinke nicht betätigt werden. So bedeutet z. B. rot = verweist, gelb = krank, grün = Urlaub, weiß = abwesend.

Im Anschluß an vorstehenden Bericht sei darauf hingewiesen, daß in Deutschland vielfach zur besseren Erkennbarkeit anstelle der Farbeinlagen solche mit Ziffern oder Buchstaben verwendet werden, deren Kombinationen sich außerdem leichter merken lassen. Für Anlagen mit mehr als 30 zu suchenden Personen werden diesen Leuchtdfeldkombinationen häufig Leuchtwechselzahlen vorgezogen, da die Verwendung des Flackerlichtes gleichfalls die Erkennbarkeit der eingestellten Kombination beeinträchtigt. Außerdem gestatten zweistellige Leuchtwechselzahlen-Tafeln ohne Erweiterung der Anzeigergeräte die Zahl der zu suchenden Personen bis auf 100 zu erhöhen. Leuchttafeln der bisherigen Art und Leuchtwechselzahlen-Tafeln weisen außerdem den Vorteil auf, daß sie sich in ihrer Größe leicht den jeweiligen Erfordernissen anpassen lassen (je nach Anbringungsort im Zimmer, im Korridor, in Sälen oder Werkhallen), während die besondere Ausführung der Polystyrollinsen der beschriebenen neuen Ausführung eine solche Anpassung erschweren.

PR

DK 621.315.221

**„Lepeth“-Mantel für Fernsprechkabel.** [Nach E. J. Larsen und R. B. Farrell : Electr. Engng. 69 (1950) S. 1014; 4 S., 5 B.]

Von den Bell Telephone Laboratorien wurde in Zusammenarbeit mit der Western Electric ein neuer Mantel für Fernsprechkabel entwickelt. Er besteht aus einem über die Kabelseele gespritzten Mantel aus Polyäthylen, über den ein verhältnismäßig dünner Bleimantel gepreßt ist. Die Einführung dieses neuen Kabelmantels, der „Lepeth“-Mantel genannt wird, war durch die Bleiknappheit während des zweiten Weltkrieges veranlaßt. Zwischen dem etwa 1,9 mm starken Polyäthylenmantel und dem dünnen Bleimantel befindet sich eine Schicht aus einer thermoplastischen Masse, die verhindern soll, daß sich bei Auftreten eines Bleimantelschadens feuchte Luft zwischen den beiden Mänteln ausbreiten kann.

Die maschinelle Einrichtung zur Herstellung des „Lepeth“-Mantels besteht aus einer Kunststoffpresse mit einem Schneckendurchmesser von 215 mm, einer Vorrichtung zum Aufbringen der thermoplastischen Masse, einer kontinuierlichen Bleipresse nach Pirelli sowie mehreren Aufwickeltrommeln. Die ganze Anordnung arbeitet in Tandemform. Die Schwierigkeit bei einer derartigen Anordnung besteht darin, zwischen allen Teilen den notwendigen Synchronismus aufrecht zu erhalten. Die Verwendung einer hydraulischen Bleipresse in der üblichen Form ist nicht möglich, weil eine solche Bleipresse Stillstände zum Nachfüllen des Bleies erfordert, wenn man Kabel mit solchen Längen herstellen will, daß mehr als eine Füllung Blei notwendig ist. Im vorliegenden Fall sind aber Haltestellen gefährlich, weil der Polyäthylenmantel dabei so heiß werden könnte, daß er erweicht. Deshalb wird eine kontinuierliche Pirelli-Bleipresse verwendet. Da die Arbeitsgeschwindigkeit dieser Presse nicht schnell geändert werden kann, richtet sich die Geschwindigkeit der gesamten Anordnung nach der Pirelli-Presse. Alle Maschinen sind durch Gleichstrommotoren angetrieben, die durch Motorgeneratoren gespeist werden. Die Regelorgane zur Steuerung der Geschwindigkeit aller bewegten Teile wirken auf die Felderregung dieser Motorgeneratoren. Der Aufsatz enthält eine Reihe interessanter Einzelheiten über die Ausführung dieser Geschwindigkeitssteuerung.

Als Bleilegierung wird nicht die übliche Antimonlegierung, sondern eine solche mit 0,01% Silber verwendet. Man erreicht damit bei der Pirellipresse beträchtlich höhere Preßgeschwindigkeiten als bei der Verwendung von Antimonlegierungen, während die Erschütterungsfestigkeit gleich gut ist.

Auch die Bewehrung ist bei diesem Kabel neuartig, sie wird MTA-Bewehrung (modified tape armor) genannt und besitzt folgenden Aufbau:

Über dem Bleimantel befindet sich — zusammen aufgewickelt — eine Lage von 0,25 mm dickem Bleiband und 0,3 mm dickem mit Fiber verstärktem Papierband. Darüber liegt eine Lage Stahlband von 0,25 mm Stärke. Dann folgen zwei Lagen Stahlband von je 0,5 mm Stärke auf Lücken gewickelt. Die Blei- und Papierbänder dienen dazu, den dünnen Bleimantel beim Aufbringen der Stahlbänder vor Beschädigungen zu schützen.

Ein besonderer Vorteil dieses Kabelmantels liegt in der hohen Durchschlagfestigkeit zwischen Kabellese und Bleimantel. Sie beträgt mehr als 20 kV, so daß dieser Kabeltyp weitgehend unempfindlich gegen Blitzeinwirkungen ist. Obwohl dieser Mantel zunächst nur aus Gründen der Bleiersparnis eingeführt worden war, wurde er nach Aufhören dieser Knappheit wegen dieser hohen Durchschlagfestigkeit und wegen der größeren Zuverlässigkeit eines doppelten Mantels beibehalten.

Der Aufsatz ist insofern interessant, als er zeigt, daß gleiche Situationen in ganz verschiedenen Ländern zu gleichen Maßnahmen führen. Auch in Deutschland hat man während des letzten Krieges aus Gründen der Bleiersparnis Doppelmäntel hergestellt, die aus einem Kunststoffmantel und einem sehr dünnen Bleimantel bestanden. Auch hier war bei der Herstellung das Hauptproblem die Aufrechterhaltung des Gleichlaufs zwischen den Pressen und Aufwicklern.

Ks

### Hochfrequenztechnik

DK 621.385.5

**Sekundärelektronenvervielfacher und ihre technische Bedeutung.** [Nach K. Nentwig: Frequenz 4 (1950) S. 328; 5 S., 8 B.]

Vom Grundprinzip der Sekundärelektronenerzeugung und ihrer Anwendung in Hochvakuum-Photozellen ausgehend wird nach anschließender kurzer Erörterung der verschiedenen bekannt gewordenen SEV-Prinzipien ein seit einiger Zeit in Deutschland laufend hergestellter SEV hinsichtlich seines Aufbaues, seiner Eigenschaften und seiner Anwendungsmöglichkeiten ausführlich erörtert. Dieser SEV, der zunächst in einer elfstufigen Ausführung herauskam, ist inzwischen auch in einem verbilligten und für viele Zwecke völlig ausreichenden Modell mit nur acht Stufen lieferbar. Beide Ausführungen machen vom rein elektrostatischen Prinzip Gebrauch, benötigen also neben der bei etwa 1 ... 2 kV liegenden Beschleunigungsspannung keinerlei zusätzliche Hilfsfelder. Der zum sicheren Transport aller an einer Elektrode ausgelösten Elektronen zur jeweils nächstfolgenden Elektrode — und nur zu dieser — erforderliche Potentialverlauf wird durch sogenannte Tor-elektroden sichergestellt. Messungen zeigten, daß sich der als sehr gut zu bezeichnende elektronenoptische Wirkungsgrad von 0,95 erreichen läßt, d. h. von jeweils hundert an einer Elektrode ausgelösten Elektronen kommen im Mittel 95 auf der nächstfolgenden Elektrode an und werden dort wirksam. Der neue SEV (Bild 4) wird mit Photokathoden verschiedener spektraler Empfindlichkeitsverteilung hergestellt, über die in der Arbeit einige Kurven enthalten sind. Den SEV sind die gleichen Vorteile eigentümlich wie den altbekanntesten Hochvakuum-Photozellen, d. h. sie sind bis zu Frequenzen von etwa  $10^7 \dots 10^8$  Hz als trägheitslos anzusehen und haben eine sehr gute Lebensdauer bei weitgehender Konstanz ihrer Eigenschaften. Der

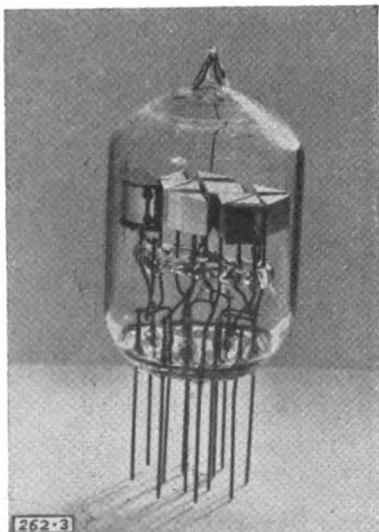


Bild 4. Elfstufiger SEV, Durchmesser rd. 40 mm (Werkbild: Laboratorium Dr. G. Maurer, Neuffen).

für die Praxis besonders wichtige Vorteil gegenüber anderen lichtelektrischen Zellen besteht in der um den Faktor  $10^4 \dots 10^6$  größeren Empfindlichkeit, so daß selbst bei kleinen Lichtintensitäten jeder nachzuschaltende Verstärker überflüssig wird. Die Empfindlichkeit oder Verstärkung ist in einfachster Weise durch Veränderung der Betriebsspannung beliebig einstellbar. Der zulässige Anodenstrom beträgt bis zu etwa 0,5 mA bei Dauerbetrieb und kann bei Impulsbetrieb bis zu etwa 10 mA gesteigert werden, so daß die Nachschaltung eines einstufigen üblichen Verstärkers oder eines Thyatronstroms nur bei Bewältigung größerer Leistungen notwendig ist. Auch der Rauschpegel ist erheblich kleiner als bei üblichen Photozellen mit nachgeschaltetem Röhrenverstärker. Der SEV kommt u. a. für alle mit Licht arbeitenden Meß-, Zähl-, Regel-, Steuerungs-, Sortier- und Überwachungszwecke in Betracht und zwar vor allem auch bei kleineren Lichtintensitäten. Die vom SEV gebotenen Vorteile sind so offensichtlich, daß er nunmehr auch in Deutschland im steigenden Maße benutzt wird.

Ab

DK 621.317.75.02

**Ein experimenteller „stroboskopischer“ Oszillograph für Frequenzen bis ungefähr 50 MHz.** [Nach J. M. L. Janssen: Philips techn. Rdsch. 12 (1950) S. 52; 8 S., 7 B.]

Mit der Frequenz steigende Schwierigkeiten beim Bau von Verstärkern und der Erzeugung der Zeitablenkspannungen für Kathodenstrahloszillographen führten dazu, daß bisher gebrauchten Kathodenstrahloszillographen nur etwa bis 1 MHz zu verwenden waren. Durch Vermehrung des Aufwandes ließe sich dieses Gebiet vielleicht bis zu 10 MHz erweitern. Der Verfasser hat nun ein neues Prinzip angegeben, mit dessen Hilfe der Kathodenstrahloszillograph bei erträglichem Aufwand bis zu Frequenzen bis zu etwa 50 MHz verwendet werden kann. Es wird ein Impulsverfahren benutzt, bei dem rechteckige Impulse mit einer Frequenz von etwa 100 kHz benutzt werden. In einer Mischröhrenschialtung werden diese Impulse mit der zu untersuchenden Hochfrequenz derart gemischt, daß der Impuls eine gesperrte Röhre öffnet und die Hochfrequenz mit dem gerade vorhandenen Augenblickswert die Höhe des Impulses auf der Anodenseite des Mischrohres bestimmt. Der so entstandene Anodenimpuls wird zur vertikalen Ablenkung des Braunschen Rohres benutzt. Die Kurve der zu untersuchenden Hochfrequenz wird durch eine Reihe von Impulsen punktförmig abgebildet. Bei der gewählten sehr langsamen Impulsfrequenz würden aber erhebliche Lücken im Oszillogramm entstehen. Um das zu vermeiden, wird die Impulsfrequenz mit einer Frequenz von 50 Hz in der Phase moduliert, so daß bei mehrmaligem Durchschreiben der Kurve die Zahl der sich ergebenden Meßpunkte erhöht wird. Voraussetzung für das Verfahren ist natürlich, daß die zu untersuchende Hochfrequenz ihre Kurvenform längere Zeit beibehält. Der Vorteil dieser Phasenmodulation mit 50 Hz besteht darin, daß die sinusförmige Frequenz von 50 Hz gleichzeitig für die horizontale Ablenkung benutzt werden kann. Die Impulsfrequenz wird weiter zur messenden Frequenz synchronisiert. Hinter der Mischschaltung sorgt ein Tiefpaßfilter dafür, daß nur die niederfrequenten Komponenten der Impulse mit einigen Oberwellen zum Oszillographen gelangen. Die Arbeit bringt eine genaue Berechnung des Auflösungsvermögens eines solchen „stroboskopischen“ Oszillographen, welche einmal durch die zur Phasenmodulation benutzte niedrige Frequenz von 50 Hz und zum anderen durch die Impulsdauer bedingt ist. Ferner wird die erforderliche Grenzfrequenz des Filters berechnet.

Ein weiterer Aufsatz, der die praktische Ausführung eines solchen Oszillographen behandeln soll, wird angekündigt.

DK 621.385.5

**Eine subjektive Meßmethode für hochfrequente Stör- rausche.** [Nach H. A. Thomas: Proc. Inst. electr. Engrs. 97 (1950) S. 329; 6 S., 5 B.]

Für den Aufbau eines ausgedehnten Netzes von SEV Empfangsstellen für zivile oder militärische Zwecke ist ein Kenntnis des Störpegels an den in Frage kommenden Orten von praktischer Bedeutung. Es wurden daher, vor allem in England und den USA, seit 1922 laufend meßtechnische Untersuchungen in dieser Richtung durchgeführt. Vor allem das National Bureau of Standards versuchte auf Grund aller gesammelten Unterlagen, die außer recht spärlichen Meß-

nissen nur meteorologische Informationen über Gewitter zur Grundlage hatten, ungefähre Voraussagen über den Störpegel für jeden Bereich der Erde zu ermöglichen.

Vom Jahr 1943 an erwies es sich jedoch für die alliierte Kriegführung als notwendig, für eine große Anzahl von Orten genauere, untereinander vergleichbare Meßwerte des Störpegels zu erhalten und ein für derartige Messungen brauchbares Standardmeßgerät zu entwickeln. Dieses war für den Frequenzbereich 2,5 ... 20 MHz vorgesehen und sollte auch in der Hand wenig geschulten Personals ausreichend genaue Ergebnisse liefern. Obwohl ein objektives Meßverfahren mit geeichtem Meßempfänger und nachgeschaltetem Outputmeter vor allem wegen der exakten Eichbarkeit (z. B. mit Rauschdiode) wesentliche Vorteile aufweist, wurde die nachstehend skizzierte subjektive Methode gewählt.

Maßgebend hierfür war u. a., daß der technische Aufwand kleiner ist, Fehlmessungen infolge zeitweiliger Interferenzen kaum zu befürchten sind und die ungeklärte Frage, in welcher Weise die Konstanten der Empfängerabstimmkreise das Meßergebnis beeinflussen, zweitrangig ist. Als Empfänger wurde ein Standard-Nachrichtenempfänger mit konstanter Bandbreite herangezogen, der über ein konzentrisches Kabel mit einer einfachen kurzen Vertikalantenne in Verbindung stand. Mit einer besonderen automatischen Tastvorrichtung wurden nun Code-Worte in Form von Morsebuchstaben laufend mit gleichbleibender Geschwindigkeit (10 Worte mit je 1 Buchstaben/min) und Tonhöhe der Empfängerendstufe aufgetastet, so daß der Bedienende in seinem Kopfhörer diese Zeichen zusammen mit den von der Antenne aufgenommenen Störungen hören konnte. Die Störpegelmessung erfolgte nun auf Grund der Regelung der Lautstärke der künstlichen Zeichen auf einen derartigen Wert, daß diese trotz der Störungen verständlich wurden, und Ablesung des geeichten Lautstärkereglers. Als „Störpegel“ wurde unter Zugrundelegung von 10 kHz Bandbreite des Empfängers diejenige „Feldstärke“ der Zeichen festgelegt, bei der eine Verständlichkeit von 95% vorhanden ist. Vor der Einführung des Verfahrens wurden eingehende Untersuchungen darüber angestellt, inwieweit die erzielten Meßergebnisse von Intelligenz und Auffassungsgabe des Bedienpersonal, von Tonhöhe und Tastgeschwindigkeit der Zeichen, von der Empfängerempfindlichkeit und von der Art der Störungen (smooth, crash) in ihrer Genauigkeit beeinflußt werden. Der hierfür angegebene Wert von ± 5 db bei mehr als 1 µV/m Störpegel ist befriedigend und genügt für den genannten Zweck vollauf.

Fs

DK 621.317.33.029.6

Ein Resonanzverfahren zur Messung der Impedanz bei ultrakurzen Wellen. [Nach A. Haug: Z. angew. Phys. 2 (1950) S. 330; 2 S., 1 B.]

Die bei der Messung komplexer Widerstände in der Hochfrequenztechnik üblichen Resonanzverfahren werden bisher in der Dezimeter- und Metertechnik nicht verwendet. Da das Spannungsabastverfahren nicht nur sehr langwierig ist, sondern auch bei den kurzen Wellen die Spannungsverteilung sicher durch die Meßeinrichtung beeinflußt wird, hat der Verfasser ein von ihm bei der Impedanzmessung an Quecksilber-Niederdruckbogen angewandtes Resonanzverfahren für den vorliegenden Fall weiterentwickelt. Er stimmt eine bei diesen kurzen Wellen immer verwendbare kurzgeschlossene Lecherleitung, die an den zu untersuchenden Generator angeschlossen wird, ab und verstimmt sie dann durch Verlängerung oder Verkürzung so, daß die Spannung im Meßinstrument, mit dem man die Resonanzlänge der Lecherleitung bestimmt hat, auf den  $1/\sqrt{2}$ -fachen Wert absinkt. Dabei ist der Abstand des kapazitiv angekoppelten Meßinstrumentes von der Kurzschlußbrücke konstant zu halten. Die notwendige Annahme ist, daß die Lecherleitung, die entweder als Paralleldrahtleitung oder als konzentrische Rohrleitung ausgebildet sein kann, praktisch möglichst dämpfungsfrei ist, eine Bedingung, die bei der Rohrleitung sicher erfüllt ist. Die Lecherleitung ist am Ende durch eine verchiebbare Kurzschlußbrücke, am Anfang durch den komplexen Widerstand  $\mathfrak{R}$  abgeschlossen, dessen Wert man bei dem System von einem sehr losen induktiv angekoppelten Sender her aufgedrückten Frequenz bestimmen will. Ist die Resonanzlänge des Lechersystems  $l_1$ , die, für die die Spannung des Meßinstrumentes auf den  $1/\sqrt{2}$ -fachen Wert

absinkt,  $l_2$ , so kann man folgende Beziehung ansetzen:

$$\frac{\mathfrak{R}}{Z} = \text{ctg} \left( \delta + j \frac{2\pi}{\lambda} l_v \right).$$

Die Hilfsgröße  $l_v$  findet man mittels der Beziehung

$$l_1 + l_v = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{4},$$

die für den Höchstauschlag des kapazitiv angekoppelten Meßinstrumentes im beliebigen, aber konstanten Abstand von der Kurzschlußbrücke gilt. Die Größe  $\delta$  liefert die Gleichung

$$\text{ctg} \delta = \left| \sin \frac{2\pi}{\lambda} (l_2 - l_1) \right|.$$

Die Bedeutung von  $\delta$  und  $l_v$  erhellt aus folgendem. Ist  $\mathfrak{R}$  ein reiner Blindwiderstand, so wird wegen Wegfallens des dämpfenden wahren Widerstandes  $\delta$  zu null, und für  $\mathfrak{R}$  würde gelten

$$\mathfrak{R} = -j \cdot Z \cdot \text{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l_v.$$

Für  $l_v = 0$  träte Leerlauf ein mit  $\mathfrak{R} = \infty$ . Wäre die Leitungslänge des Lechersystems im Leerlauf  $l_0$ , so gälte  $l_0 = l_1 + l_v$ .

Also ist  $l_v$  die Verlängerung oder die Verkürzung bei reinem Blindwiderstand  $\mathfrak{R}$ . HM

### Elektroakustik

DK 534.64.002.2

Konstruktion echofreier akustischer Meßräume. [Nach O. Brandt und T. Hagman: Tekn. T. 80 (1950) S. 1087; 6 S., 14 B.]

Die Verfasser gehen kurz auf bekannte Konstruktionen echofreier Räume ein, die in den USA, Dänemark und Deutschland entwickelt wurden. Das in den USA durchgeführte Untersuchungsprogramm, bei dem man sich die Aufgabe stellte, allgemein gültige Konstruktionsdaten für Absorbententypen variierender Grenzfrequenz zu geben, beruhte vollständig auf der Anwendung von Fiberglas. Nachdem dieses Material in Schweden nicht vorkommt, wählte man für die Konstruktion der beiden von der Technischen Hochschule in Stockholm errichteten echofreien Räume ein einheimisches Material, nämlich Rockwool, wobei so allgemein gültige Resultate gewonnen wurden, daß man diese auch für die Konstruktion anderer Raumtypen anwenden kann.

Die Messungen zur Bestimmung geeigneter Absorbententypen aus Rockwool erstreckten sich auf Absorption und Strömungswiderstand. Bei der Absorptionsmessung wurde die Rohrmethode angewendet, die von P. V. Brüel in Ing.-vidensk. Skr. 1945 Nr. 1 näher beschrieben wurde, und die direkt den Absorptionskoeffizienten einer Probe bei senkrechtem Einfall ergibt. Bei den Messungen wurden nur keilförmige Absorbenten untersucht und deren Strömungswiderstand gemessen. Beispielsweise erhält man für eine Grenzfrequenz von 100 Hz eine Länge von  $L \approx 70$  cm und  $l_1 \approx 15$  cm (Bild 5).

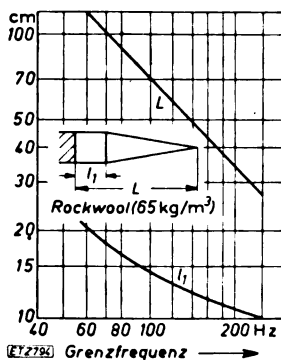


Bild 5. Bemessung von Keilen für verschiedene Grenzfrequenzen. Material mit  $65 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$ .

Sodann wird der Aufbau eines im Institut für Telegraphie und Telephonie der Technischen Hochschule in Stockholm errichteten echofreien Raumes von rd.  $6,75 \text{ m} \times 9,75 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}$  beschrieben, für dessen Wände Hohlsteine verwendet wurden, wodurch der Raum schon vor der Auskleidung mit Absorbenten bereits ziemlich gedämpft war — die Nachklangszeit wurde mit 0,6 s bei 500 Hz bestimmt. Sämtliche Flächen einschließlich der Tür wurden mit Absorbenten von 120 cm Dicke versehen.

Ein zweiter echofreier Raum von  $5,8 \text{ m} \times 4,8 \text{ m} \times 4,0 \text{ m}$  wurde im Institut für Radiotechnik errichtet, wobei Absorbenten von 75 cm Dicke angewendet wurden.



Der Artikel bringt sodann das Ergebnis der in den beiden Räumen durchgeführten Kontrollmessungen, die längs einer parallel zur Bodenfläche verlegten Diagonalen durchgeführt wurden, wobei gefunden wurde, daß die gewählte Ausführung den für einen eichfreien Raum vorgeschriebenen Bedingungen entspricht.

Do

## Röntgentechnik

DK 621.385.833 : 621.386.1

**Ein Weg zur Röntgenstrahlen-Mikroskopie.** [Nach P. Kirkpatrick: Umschau 50 (1950) S. 499; 2 S., 4 B.]

Das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskops ist bekanntlich durch die Wellenlänge des Lichtes begrenzt. Das Elektronen-Mikroskop, dessen Auflösungsvermögen das des Lichtmikroskops um mehrere Zehnerpotenzen übertrifft, leidet unter dem Nachteil, daß die abbildenden Strahlen nur eine begrenzte Eindringtiefe haben und außerdem an das Vakuum gebunden sind. Daher können damit keine lebenden Objekte untersucht werden. Diese Lücke in der Erforschung der Mikrowelt könnte geschlossen werden, wenn es gelänge, ein Röntgenstrahlen-Mikroskop zu konstruieren.

Der Bau eines Röntgenstrahlen-Mikroskops mit den Bauelementen der bekannten Mikroskope, also mit Linsen und Objektiven, scheitert an dem Fehlen von Substanzen mit großem Brechungsvermögen für Röntgenstrahlen. Es bleibt nur die Möglichkeit, die Reflexionsoptik nutzbar zu machen. Verschiedentlich wurde im letzten Jahrzehnt versucht, die Bragg'sche Reflexion an Netzebenen eines geeignet geformten Einkristalls für ein abbildendes System zu verwenden. Doch erscheint es zweifelhaft, ob angesichts der hohen Anforderungen an eine vollkommene Kristallstruktur eine brauchbare Bildqualität erreicht werden kann. Dagegen konnten Kirkpatrick und Baez den Nachweis einbringen, daß die Totalreflexion für die Entwicklung eines Röntgenstrahlen-Mikroskops erfolgversprechender ist.

Die Totalreflexion von Röntgenstrahlen findet unabhängig von der Kristallstruktur des Reflektors unter einem sehr kleinen Einfallswinkel von weniger als  $1^\circ$ , also unter fast streifendem Einfall statt. Als Reflektoren eignen sich besonders auf Glasflächen aufgedampfte Metallschichten. Wenn man dem Reflektor die Form eines Hohlspiegels gibt, kann man die Röntgenstrahlen konzentrieren und ein durchstrahltes Objekt abbilden. Der astigmatische Bildfehler des Hohlspiegels läßt sich durch zwei gekreuzt aufgestellte Hohlspiegel ausgleichen, die damit die grundsätzliche Anordnung für das Röntgenstrahlen-Mikroskop darstellen.

Die ersten Testversuche, von denen zwei Beispiele wiedergegeben sind, zeigen das schöne Ergebnis, daß eine vergrößerte Abbildung auf diese Weise tatsächlich möglich ist. Die Bilder, 50...100fach röntgenoptisch vergrößert, sind so scharf, daß sie sich noch um das Zehnfache optisch nachvergrößern lassen. Nach diesen befriedigenden Anfangsergebnissen glaubt der Verfasser, durch Kombination mehrerer nichtsphärischer Reflektoren die noch anhaftenden Bildfehler beseitigen und die Vergrößerungen steigern zu können.

Vg

DK 620.179.152

**Röntgenologische Materialuntersuchung.** [Nach H. G o m b e l: Z. Metall 3 (1949) S. 269; 30 S.]

Das Gebiet der industriellen Grobstrukturuntersuchung wurde durch die Einpol-Hohlodenröhre und die Einpol-Feinfokusröhre ganz erheblich erweitert. Bei der Einpol-Hohlodenröhre befindet sich der Strahlenaustritt am äußeren Ende der hohl ausgebildeten Anode, die von verschiedener Länge sein kann. So kann, wie der Verfasser an Hand von Abbildungen zeigt, die Röntgenaufnahme einer Schweißnaht an einem Kessel beispielsweise auf einen Film gebracht werden, indem man den Strahlenaustritt der Röhre in den Mittelpunkt des durch die Schweißnaht gebildeten Kreises verlegt. Der Vorteil gegenüber der Notwendigkeit der Herstellung zahlreicher Teilaufnahmen beim Arbeiten mit der normalen Zweipolröhre ist überzeugend. Bei Untersuchungen mehrerer gleichartiger Objekte bringt man den Strahlenaustritt der Röhre in den Mittelpunkt des durch die zu untersuchenden Gegenstände gebildeten Kreises (Karussellanordnung) und kann die Objekte auf diese Weise gleichzeitig röntgen.

Die Einpol-Feinfokusröhre besitzt einen außerordentlich kleinen Fokus und gestattet bei passenden Abständen Fokus-Objekt-Leuchtschirm eine 2...10fache Vergrößerung des Röntgenbildes auf dem Leuchtschirm. So zeigt das Leuchtbild der Feinfokussapparatur häufig Materialfehler, die bei Durch-

leuchtungen selbst mit der vorgenannten Methode nicht erkannt werden können. Der betriebssichere Aufbau im sogenannten Diaphanoscop gestattet ein müheloses Arbeiten.

## Werkstatt und Baustoffe

DK 621.791.1

**Oberflächenbeschichtung im Hochvakuum.** [Nach Feinwerktechn. 54 (1950) S. 243; 3 S.]

Mit Aufdampfen und Kathodenzerstäubung kann man sehr dünne Belagschichten herstellen, die sehr fest auf der Unterlage haften. Für Antireflexbeläge auf Photoobjektiven, bei sonstigen optischen Einrichtungen, für Verspiegelungen für Filterbeläge und zur Herstellung elektrisch leitender oder elektrisch isolierender Überzüge werden diese Verfahren gern benutzt. Die Oberflächenbedampfung im Hochvakuum wird zunehmend angewendet für besondere Wertschichten, wie für Gleichrichter, Photozellen, als Korrosionsschutz oder Verschleißschutz sowie für Zieroberflächen an verschiedenen Werkstoffen. Das Verfahren hat große Anwendungsmöglichkeiten.

Im Mittel haben die aufgetragenen Schichten eine Dicke von etwa  $0,5 \mu$ , wobei die Toleranzen nur wenige Mikromikron betragen. Die Toleranzen sind damit etwa 10-mal so klein wie bei der sonstigen spanabhebenden Bearbeitung durch Schleifen, Höhlen, Läppen o. a. Die Struktur der Trägeroberfläche wird wegen der geringen Dicke der aufgetragenen Schichten nicht verändert. Auf polierten Oberflächen entsteht also ein spiegelnder Belag, während auf matten Flächen auch nach dem Beschichten matt bleibt.

Die Beschichtung durch Aufdampfung und Kathodenzerstäubung läßt sich leicht infolge der im Hochvakuum auftretenden Vergrößerung der mittleren freien Weglänge emittierter Atome, Moleküle, Ionen und Elektronen durchführen. Die Schichtsubstanz wird beim Aufdampfen elektrisch so erwärmt, daß sie emissionsfähig wird. Auf die zu belegende Oberfläche treffen dadurch die emittierten Schichtbausteine auf und werden an dieser mit molekularen Kräften festgehalten, weil Fremdschichten von Gasen und Dämpfen wegen des Hochvakuums nicht vorhanden sind. Die thermische Verdampfung wird bei der Kathodenzerstäubung durch das Zerstäuben einer Glimmerkathode ersetzt. Für beide Verfahren können die gleichen Anlagen je nach Wahl benutzt werden. Der Hochvakuum-Pumpsatz und die elektrische Ausrüstung mit den Erzeugungseinrichtungen sind in einem Schaltpult zusammengefaßt. Die übrigen für die Ausführung der Oberflächenbeschichtung erforderlichen Einrichtungen befinden sich in einem zylinderrförmigen Arbeitsstück. Der Durchmesser des normalen Behälter beträgt 600 und 800 mm. Bei einem Brechungsindex über 1,55 genügen beim Bedampfen zwei Glas-Einfachschichten, während bei einem kleineren Brechungsverhältnis zwei Schichten aufgetragen werden müssen. Wegen des hohen Reflexionsvermögens werden die Spiegelbeläge Silber, Aluminium und ihre Legierungen verwendet. Jedoch wird auch mit Rhodium, Gold und Magnesiumlegierungen verspiegelt. Auf diese Weise lassen sich auch Autoscheinwerfer anfertigen. Bei Tageslicht hat eine aufgedampfte Aluminiumschicht mit zusätzlich aufgetragener Quarzschuttschicht etwa 90% Reflexionsvermögen und behält bis  $400^\circ\text{C}$  diese Eigenschaft. Die Oberfläche ist chemisch-, korrosions- und seewasserfest. Außer Lichtfiltern lassen sich auch Wärmefilter und Blendschutzbeläge herstellen.

DK 621.374.1

## Steckerschnur zum Ziehen.

Die Erfahrung hat ergeben, daß Zuleitungsschnüre eine längere Lebensdauer haben könnten, wenn sie nicht so schnell herausziehen schon vorher beschädigt und unbrauchbar gemacht werden. Dadurch werden die Kontakte der Stecker gelockert, wodurch auch Kurzschluß entstehen kann. Die AEG baut jetzt eine zugsichere Flexoleitung, bei der die Schnur und Stecker in einer gemeinsamen Gummihülle sehr fest miteinander verbunden sind, so daß nichts herausreißen kann. Die Gummihülle der Schnur greift nicht an den Steckern hinweg und bildet somit ein Teil mit dem Stecker. Der neue Flexostecker ist unzerbrechlich, da er aus Weichgummi gefertigt ist. Infolge der Umhüllung kann sich der Kontaktstift nicht mehr lockern und dadurch Kurzschlüsse vermeiden.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Telefon: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### VDE 0252K/V.43<sup>1</sup> außer Kraft gesetzt

In der ETZ 72 (1951) H. 13, S. 421, war angekündigt worden, daß beabsichtigt ist, die Kriegsvorschriften VDE 0252K/V.43 „K-Vorschriften für umhüllte Leitungen“<sup>1</sup> zum nächstmöglichen Termin außer Kraft zu setzen. Einsprüche gegen diese Außerkraftsetzung sind nicht eingegangen. Der Vorstand des VDE hat daher diese Kriegsvorschriften ab 1. Oktober 1951 für ungültig erklärt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

##### Änderung von VDE 0800, Außerkraftsetzung von VDE 0800U

In der ETZ 72 (1951), H. 1, S. 32, war angekündigt worden, daß beabsichtigt ist, in VDE 0800U/I.44 „Übergangsvorschriften für Fernmeldeanlagen“<sup>2</sup> den § 41 „Leitungen“ außer Kraft zu setzen. Einsprüche sind hiergegen nicht eingegangen.

Wir beabsichtigen nun noch, nachdem VDE 0890/2.51 inzwischen in Kraft getreten ist, den Abschnitt d) des § 18 von VDE 0800U/I.43 „Vorschriften für Fernmeldeanlagen“ zu ersetzen durch den Abschnitt d) des § 18 von VDE 0800U/I.44.

Auch an anderen Stellen soll in VDE 0800U/I.43 der Hinweis auf die in dieser Vorschrift befindliche, veraltete Tafel I (Fernmeldeleitungen und -Kabel) ersetzt werden durch den Hinweis auf die dem neuesten Stand entsprechenden Tafeln für Fernmeldeleitungen und -Kabel) in VDE 0890/2.51.

Die nach diesen Änderungen in VDE 0800U/I.44 noch erbleibenden Hinweise auf Begriffserklärungen und VDE-Vorschriften, die entweder nicht mehr zutreffend sind oder sich in VDE 0890/2.51 befinden, rechtfertigen nicht mehr als Weiterbestehen von VDE 0800U/I.44. Es ist daher beabsichtigt, VDE 0800U/I.44 zum nächstmöglichen Termin außer Kraft setzen zu lassen.

Einsprüche gegen die vorstehend angegebene Änderung von VDE 0800U/I.43 und gegen die Außerkraftsetzung von VDE 0800U/I.44<sup>2</sup> können bis zum 15. Oktober 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

##### Neufassung von VDE 0446 „Regeln für Isolatoren für Starkstromfreileitungen“

Die VDE-Kommission „Freileitungsisolatoren“ hat einen Entwurf für die Neufassung von VDE 0446 ausgearbeitet, der im VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zu den Preisen von DM 3,— bezogen werden kann. Es ist beabsichtigt, diese Neufassung ab 1. Januar 1952 in Kraft zu setzen und gleichzeitig die bisherigen Leitsätze VDE 0446/IX.41 wie VDE 0447/1926 für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen diesen Entwurf und gegen die geplante Außerkraftsetzung können bis zum 1. 11. 51 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Kommissionsvorsitzende                      VDE-Vorschriftenstelle  
Meyer    Jacottet

##### Änderung von VDE 0616

„Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V“

Der Arbeitsausschuß „Fassungen“ (Vorsitz Dipl.-Volkskundler und Ing. B u s s e) hat mit Zustimmung der VDE-Kommission „Installationsmaterial“ nachstehenden Zusatz zu 15 a) von VDE 0616/8.50 beantragt:

<sup>1</sup> Diese Kriegs(K)-Vorschriften wurden später auch Behelfs(B)- und Übergangs(U)-Vorschriften genannt. Für die B- und U-Vorschriften gilt hier dasselbe wie für die K-Vorschriften.

<sup>2</sup> Früher als Behelfs(B)- und Kriegs(K)-Vorschriften bezeichnet.

„Neben den Lehren nach den Normblättern DIN 49 675 Blatt 1 und 2, DIN 49 680 Blatt 1 und 2 und DIN 49 685 Blatt 1 und 2 sind zum Prüfen der Kontaktgabe und des Berührungsschutzes bis zum 31. Dezember 1952 wahlweise auch die Lehren nach Bild 2 (Tiefen- und Weitenlehren) und Bild 3 (Berührungsschutz-Prüflehren) — früher DIN VDE 9616 und DIN VDE 9617 — zulässig.“

Dieser Zusatz ist notwendig, da die heute gültigen, jedoch bisher wenig benutzten Prüflehren nach DIN 49 675, 49 680 und 49 685 z. Zt. zwecks Angleichung an die entsprechenden CEE-Lehren und die internationalen Glühlampensockelnormen überarbeitet werden.

Mit Verwendung der Lehren nach Bild 2 und 3 soll die Möglichkeit einer fristgemäßen Nachprüfung aller, bisher nach den seit 1. 1. 1951 ungültigen Bestimmungen von VDE 0610 geprüften Fassungen geboten werden.

Wegen Raummangels können die aus DIN VDE 9616 und 9617 maßgerecht übernommenen Bilder 2 und 3 nicht an dieser Stelle veröffentlicht werden. Sie sind zum Selbstkostenpreis als Photokopien vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 111, zu beziehen.

Einsprüche gegen vorstehende Änderung sind bis zum 15. Oktober 1951 an die VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, zu richten.

Der Vorsitzende  
der VDE-Kommission  
„Installationsmaterial“  
S e s s i n g h a u s

VDE-Vorschriftenstelle  
J a c o t t e t

#### VDE-Prüfstelle

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, Tel. 43157



#### Arbeitsgebiet der VDE-Prüfstelle (Erteilung von Zeichengenehmigungen)

Die VDE-Prüfstelle erteilt auf Grund durchgeführter Zeichenprüfungen die Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens ab sofort auch für Isolierband, nach Inkrafttreten der VDE-Bestimmungen in VDE 0667 „Vorschriften für Elektro-Zaungeräte für Netzanschluß“ auch für elektrische Weidezaungeräte.

Z. Zt. wird die Genehmigung zur Benutzung eines Verbandszeichens (VDE-Zeichen, Kennfaden, Sonderkennzeichen für eindrähtige, kunststoff-isolierte Leitungen) somit für folgende Erzeugnisse erteilt:

- Leitungsschutzsicherungen bis 200 A 750 V  
(Schmelzeinsätze, Sicherungssockel und Zubehör)
- Schalter bis 60 A 750 V (nach VDE 0632)
- Steckvorrichtungen bis 100 A 750 V  
(nur für Geräte, die den in VDE 0620 § 6 aufgeführten Normen entsprechen)
- Verbindungsmaterial bis 750 V  
(Abzweigdosen bis 16 mm<sup>2</sup>, Hauptleitungsabzweigungskästen bis 70 mm<sup>2</sup>, Klemmen usw.)
- Lampenfassungen
- Leuchten (Armaturen, Handleuchten und andere ortsveränderliche Leuchten aus serienmäßiger Fertigung)
- Isolierte Leitungen für Starkstrom- und Fernmeldeanlagen  
(Starkstromkabel nur in beschränktem Umfange auf Anfrage)
- Installationsrohre
- Kabelvergußmassen
- Isolierband
- Elektrowärmegeräte für Haushalt, Landwirtschaft und Kleingewerbe, einschl. schmiegsamer Elektrowärmegeräte (Heizkissen u. ä.)
- Geräte mit Kleinstmotoren (Haushaltmaschinen)
- Elektrowerkzeuge
- Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung
- Fernmelde- und Rundfunkgeräte
- Kondensatoren für Rundfunk- und Entstörtechnik
- Elektro-medizinische Netzanschlußgeräte
- Hochfrequenz-Heilgeräte
- Elektrische Weidezaungeräte
- Spannungssucher
- Galvanische Elemente und Batterien

Über Einzelheiten zum Zeichenprüfungsverfahren erteilt die VDE-Prüfstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, für West-Berlin die Elektrotechnische Prüfstelle Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, auf Anfrage Auskunft.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Prüfstelle  
Dall

## SITZUNGSKALENDER

- Berlin:** EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
4. 10. 51: Der im vorigen ETZ-Heft für den 20. 9. angekündigte Vortrag ist auf den 4. 10. verschoben worden.
- Nürnberg:** ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
21. 9. 51, 14.30: Besichtigung der Tucher-Brauerei AG, Nürnberg, Lange Gasse 26.
- Stuttgart:** ETV Württemberg, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 21  
27. 9. 51, 17.00, Vortragssaal der Technischen Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Moderne Präzisionsinstrumente für Gleich- und Wechselstrom“, Dr. E b i n g e r.
- Frankfurt a. M.:** Verband für Arbeitsstudien — Refa —, Frankfurt a. M., Am Hauptbahnhof 10  
23. bis 25. 9. 51: 1. Refa-Bundestagung in Frankfurt a. M.
- München:** Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke — VDEW —, Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstr. 109  
8. bis 10. 10. 51: Vortragstagung in München.
- Nürnberg:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel  
1. bis 3. 10. 51, tägl. 9.00 bis 17.00, Gesellschaftsraum im Erdgeschoß des Industrie- und Kulturvereins, Nürnberg, Frauentorgraben:  
Kursus „Gebäude-Blitzschutz“, Prof. Dr.-Ing. H. F. S c h w e n k h a g e n, Wuppertal.
- Remscheid:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohw.  
22. 10. bis 26. 10. 51: Kursus „Industrielles Transportwesen“, Prof. O. C r a n z.
- Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vw., Rubensstr. 4  
1. 10. bis 5. 10. 51: Kursus „Statistische Auswertung von Meßreihen und Versuchsergebnissen“, Prof. Dr.-Ing. habil. U. G r a f, Bamberg.  
8. 10. bis 12. 10. 51: Kursus „Licht und Beleuchtung“, Prof. Dr.-Ing. R. G. W e i g e l, Karlsruhe.  
15. 10. bis 19. 10. 51: Kursus „Statistische Methoden in Verkehrsbetrieben“, Prof. Dr.-Ing. habil. U. G r a f, Bamberg.

## PERSONLICHES

**O. v. Bronk f.** — Am 5. August verstarb der fast 80jährige Otto von Bronk, der frühere Leiter der Telefonken-Patentabteilung. Der Verstorbene widmete seine Arbeitskraft der Entwicklung des Fernsehens, die er bis zum Ende seines Lebens wesentlich förderte. U. a. war er maßgeblich am Zustandekommen der Heimatschutzverträge beteiligt, die der deutschen Rundfunkindustrie Sicherheit gegen die Überschwemmung mit ausländischen Radioapparaten gewährten.

FI

**M. Howe f.** — Oberingenieur Max Howe, Chef des Zentral-labors der Telefonbau und Normalzeit, ist am 27. 7. plötzlich verschieden. In 30jähriger Tätigkeit bei dieser Firma konnte er seine im In- und Ausland gesammelten Erfahrungen auf fast allen Gebieten der Nachrichtentechnik fruchtbar verwerten. Sein besonderes Interesse galt der Entwicklung automatischer Hauszentralen.

FI

**J. Wosnik.** — Der Präsident der Oberpostdirektion Düsseldorf, Dipl.-Ing. Johannes Wosnik, beging am 1. September sein 25jähriges Dienstjubiläum.

Nach dem Studium der Fernmeldetechnik an der T. H. Berlin arbeitete der am 24. 8. 1902 in Berlin Geborene vorübergehend in der Fernmeldeindustrie und trat dann 1926 in das Reichspostzentralamt ein. Er war in verschiedenen Bezirken tätig und leitete zuletzt das Essener Fernmeldebauamt, bis er 1946 in seine heutige Stellung berufen wurde. Hier sah er den Wiederaufbau des Fernmeldenetzes der Post als seine Hauptaufgabe an. Die beginnende Automatisierung des Schnellverkehrs zeigt einen Teil der Verdienste des Jubilars.

Seit 1948 gibt Dipl.-Ing. Wosnik, der auch dem VDE-Zeitschriftenausschuß angehört, die FTZ (Fernmeldetechnische Zeitschrift) heraus, die den deutschen Elektrotechnikern neben der ETZ besonders die Fortschritte in der Nachrichtentechnik aufzeigt.

R

**Hochschulnachrichten.** — Der ordentliche Professor der Experimentalphysik und Direktor des Physikalischen Instituts der Techn. Hochschule Karlsruhe, Dr. phil. Christian G e r t h s e n, wurde am 21. Juli 1951 von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften zum ordentlichen Mitglied der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse gewählt.

of

Auf Antrag der Fakultäten für Mathematik und Physik und für Elektrotechnik verlieh die Technische Hochschule Darmstadt Professor Dr. Walter S c h o t t k y (Pretzfeld) als Zeichen der Anerkennung seiner hohen Verdienste um die Entwicklung der Elektronenröhren und um die Grundlegung

der Physik der Halbleiter die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehren halber (Dr.-Ing. E. h.).

Der Herr Präsident des Landesbezirks Baden hat dem Privatdozenten Dr.-Ing. Johannes L a b u s für die Dauer der Zugehörigkeit zum Lehrkörper der Techn. Hochschule Karlsruhe zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Herr Labus vertritt in der Fakultät für Maschinenwesen die Fach der Hochfrequenztechnik.

Die Technische Universität Berlin verlieh die akademische Würde Doktor-Ingenieur Ehren halber an Herrn Direktor Dr.-Ing. Max P r ü s s, Direktor des Ruhrverbandes und des Ruhrtalesperrenverbandes.

In der Fakultät für Maschinenwesen der T. U. Berlin wurde Dr. phil. Arthur P a r t z s c h, Betriebsdirektor der AEG-Gleichrichterfabrik, zum Honorarprofessor ernannt (über Stromrichter).

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.56 : 621.374 (1951)

**Praktische Stabilitätsprüfung** mittels Ortskurven und anderer Verfahren. Von Felix S t r e c k e r. Mit 190 S., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. 18,—, kart. DM 15,—.

Strecke behandelt das Stabilitätsproblem mit und abklingenden Schwingungen, die er unter Einbezug der aperiodischen als „Wuchsvorgänge“ bezeichnet. Grenzfall zwischen beiden, — der eingeschwingene Zustand — hat bei dieser Betrachtung die Bedeutung der Stabilitätsgrenze, indem abklingend mit stabil, anklingend mit instabil oder Selbsterregung gleichbedeutend ist. Der Grundgedanke dieser Art der Stabilitätsprüfung mit Ortskurven ist als sogenanntes Nyquist-Kriterium allgemeiner bekannt worden. Doch hat Strecke in einem 1947 im Hirzel-Verlag erschienenen Buche „Die elektrische Selbsterregung“ als eines älteren, bis dahin unveröffentlichten Aufsatzes, eine Prioritätsansprüche geltend gemacht. Das vorliegende Buch ist von der Belastung mit diesem stets heiklen Thema frei. Sein Schwerpunkt liegt auf den an- und abklingenden Schwingungen, denen der Verfasser mit Recht allgemeine Bedeutung über das Stabilitätsproblem und die Regelung hinaus beimißt. Er entwickelt für diese Schwingungen eine eigene Theorie, der gegenüber das praktische Ende des Buches etwas in den Hintergrund tritt. Dieses ist die Ansicht des Verfassers eine Anleitung zur praktischen Durchführung von Stabilitätsuntersuchungen mit Hilfe des Kriteriums. Das Kriterium I. Art gibt Antwort auf die Frage, ob ein System selbsterregungsfähig ist und wenn ja, welche viele Pfeifwerte vorhanden sind. Das Kriterium II. Art zur Ermittlung von Eigenschwingungen nach Frequenz, An- oder Abklingmaß. Die Beispiele (Echomesser, gekoppelter Verstärker, Schwundregelung u. a.) sind der Nachrichtentechnik entnommen. Doch sind die Ergebnisse ebenfalls auch auf andere Regelprobleme übertragbar. In den meisten Fällen mit einem Bruchteil des in dem Buch enthaltenen theoretischen Aufwandes auszukommen zu verzichten darauf, das vollständige Inhaltsverzeichnis derzulegen. Es enthält neben allgemeinen Begriffen Prüffunktionen — Stammgleichungen — Eigenwerte — Kurven — Umlaufkriterien — konformen Abbildungen — unbekannte Neubildungen wie Vorgangsgrößen — Störverhältnisse — umgeformte und umbemessene Schaltungen — Trennwiderstände — Dehner — Presser — Pegel usw. Wie der Verfasser durch die große Zahl neuer Formeln und Ausdrücke, die er der Fachwelt zur Erprobung an den Wortschatz der Nachrichtentechnik erweitert, sich auch ihr Schrifttum durch dieses höchst original und ideenreiche Buch.

W. Wolpert

DK 512.9 (1951)

**Einführung in die Lehre von den komplexen Zahlen.** Von Walter D a u d t. Mit 186 S., 137 B., Format 15×23 cm. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1951. Preis kart. 12,— DM.

Das Buch ist bestimmt für die Studierenden der Ingenieurwissenschaften, denen es die Einarbeitung in das schwierige Rechenverfahren der Schwingungslehre erleichtert. 100 Seiten sind dabei der mathematischen Einführung gewidmet, in der die Ausdehnung des Zahlenbegriffes auf komplexe Zahlen und das Rechnen mit diesen Zahlen dargestellt und begründet wird. Zu diesem Teil des Buches gehört auch ein Kapitel über Ortskurven und die Stabilitätsprüfung. Der Verfasser bezeichnet dabei abweichend von

stigen Brauch nicht nur zeitlich veränderliche Größen als Zeiger, sondern auch die sonst als Drehstrecker oder Operatoren bezeichneten Quotienten aus Zeigern.

Der elektrotechnische zweite Teil behandelt unter Benutzung der Ergebnisse des 1. Teiles auf rd. 50 Seiten Widerstand, Induktivität und Kapazität im Wechselstromkreis, die Schwingungskreise und den Lufttransformator in der einfachsten Form, sowie im Schlußabschnitt einige Ortskurven. Eine große Anzahl Übungsaufgaben werden dem Lernenden willkommen sein.

Ob die abstrakte Einführung in das symbolische Verfahren von der Mathematik her der Weg ist, der für den Studenten der Ingenieurschule am besten gangbar ist, bleibt allerdings auch nach diesem durchaus begrüßenswerten, sauber und gut ausgestatteten Buch eine offene Frage.

H. F. Schwenkha gen

DK 621.59 (023.3)

**Einführung in die Nachrichtentechnik.** Von Prof. Dr. R. Feldtkeller u. Dr.-Ing. G. Bosse. (Die Ingenieurwissenschaften, Bd. VII.) Mit 143 S., 204 B., Format 16,5×24 cm. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart 1950. Preis Glw. DM 11,—, art. DM 9,50.

Das in der Sammlung „Die Ingenieurwissenschaften“ erschienene Werk ist als kurzer Überblick über die gesamte Nachrichtentechnik gedacht. In 19 Kapiteln werden die physikalischen Grundlagen und Vorgänge, die fernmeldetechnischen Einrichtungen für Telegraphie und Fernsprechen, die Übertragungen mit und ohne Draht, die Sende- und Empfangseinrichtungen für den drahtlosen Verkehr beschrieben, wobei einigen wesentlichen Schaltungs- und Bauelementen besondere Kapitel gewidmet sind. Bei der Fülle des Stoffes sind in jedem einzelnen Kapitel nur grundlegende Dinge behandelt. Wie im Vorwort ausgeführt, ist die Beschreibung einiger der modernen Gebiete knapp ausgefallen.

Das bewußt sich auf die jeweils wichtigen Grundgedanken oder grundlegenden technischen Lösungen beschränkende Werk gibt einen guten umfassenden Überblick, der für die Anfänger auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik und Ingenieure aus benachbarten Gebieten, die sich einen Überblick über die Fernmeldetechnik verschaffen wollen, besonders geeignet ist. Für eine spätere Auflage wird man sich trotzdem die Erweiterung einzelner Kapitel, besonders im Hinblick auf die neuesten Entwicklungen, wünschen.

J. Wosnik

DK 621.313.3.045.57 (022.4)

**Wechselstrom-Ankerwicklungen** (Bd. 1 von **Die Wicklungen elektrischer Maschinen**). Von Heinrich Sequenz. Mit 65 S., 408 B., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. DM 37,—, geb. DM 40,—.

Nach dem Vorwort hat sich Sequenz die Aufgabe gestellt, das Gesamtgebiet der Wicklungen für elektrische Maschinen in einem 4bändigen Standardwerk zu bearbeiten. Dazu gehört eine sehr große Sachkenntnis und letzten Endes auch eine große Begeisterung für das Gebiet der Wicklungen, denn der Stoff ist spröde und verhältnismäßig schwierig. Der Verfasser hat in seinen zahlreichen früheren Veröffentlichungen über Wicklungsprobleme bewiesen, daß diese Voraussetzungen bestens erfüllt. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß sich der Fachmann Sequenz entschlossen hat, ein zusammenfassendes Werk über die Wicklungen elektrischer Maschinen zu schaffen, denn seit Erscheinen des letzten deutschen Werkes auf diesem Gebiet sind 30 Jahre ergangen.

Der erste Band „Wechselstrom-Ankerwicklungen“ des neuen Standardwerkes liegt nun vor. In geschickter und erdopfernder Weise hat der Verfasser das umfangreiche, vielgestaltige Gebiet der Wechselstromankerwicklungen neu behandelt und dabei durch die Sammlung und Verarbeitung des in der Literatur veröffentlichten Materials ein für den in der Praxis stehenden Ingenieur wie für den Studierenden leicht wertvolles Handbuch geschaffen. Für die verschiedenen Ausführungsformen der Wicklungen werden die Entwurfsgrundlagen in ausführlicher und klarer Weise entwickelt und an zahlreichen Beispielen erläutert. Besonders wertvoll ist die eingehende Behandlung der Wicklungsaktoren und der Felderregerkurven.

Der Verfasser behandelt vorwiegend alle jene Regeln und Maßnahmen, die getroffen werden müssen, um gute Spannungskurven zu erhalten. Beim Entwurf einer Wicklung muß aber auch auf die Stromverdrängung und die Glimmerfreiheit Rücksicht genommen werden. Es ist anzunehmen,

daß der Verfasser darauf in einem der nächsten Bände eingehen wird. Es wäre auch erwünscht gewesen, wenn die Vor- und Nachteile der verschiedenen Ausführungsformen der Schaltungen diskutiert worden wären, so z. B. die Frage, wann man bei Stabwicklungen vorteilhafter die Schleifen- oder die Wellenwicklung anwendet und Hinweise darauf, daß die Schleifenwicklung einerseits bei Schrittverkürzung geringere Wickelkopfausladung ergibt, andererseits aber die Wellenwicklung bei zweckmäßig gewählter Nutung und bei großen Polzahlen sehr vorteilhaft hinsichtlich der Zahl der Schaltverbindungen ist. Solche vergleichenden Beispiele würden das Werk für den Praktiker noch wertvoller machen.

Dem ausgezeichneten ersten Band des neuen Werkes ist eine weite Verbreitung zu wünschen. Dem Verfasser sei der Wunsch für das baldige Erscheinen des zweiten Bandes ausgesprochen.

Das Buch ist vom Wiener Springer-Verlag herausgebracht und zeigt die gediegene und vornehme Ausstattung, die den „Springer“-Büchern seit jeher eigen ist.

W. Leukert

DK 621.517.7.003.4/.5/.6 (023.3)

**Registrierinstrumente.** Von Albert Palm. Mit 220 S., 203 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 19,50.

Die Registrierinstrumente kommen in den üblichen Werken über elektrische Meßtechnik meistens zu kurz, so daß das Buch von A. Palm eine wertvolle Ergänzung des vorhandenen Schrifttums darstellt. Eine ausführliche Beschreibung der Registriermittel (wie Papierstreifen, Federn, Tinte, Wachspapiere usw.) und der Triebwerke (Uhren, Synchronmotoren usw.) geht voraus. Dann wird die Art der Meßwertübertragung im Registrierinstrument besprochen. Wichtig ist dabei ein Kapitel, das sich mit den besonderen Bedingungen des Registrierens schneller Vorgänge und des Einflusses der Einschwingzeiten dabei beschäftigt. Es folgt dann eine ausführliche Beschreibung von praktisch ausgeführten Registrierinstrumenten, wobei sowohl Meßwerke auf mechanischer als auch elektrischer Grundlage behandelt werden. Diese Sammlung von Gerätebeschreibungen mit ausgezeichneten Abbildungen ist außerordentlich vielseitig und nicht nur für Elektroingenieure interessant. Auch der Maschinenbauer, Physiker, Mediziner wird gern zu diesem Buch greifen, um sich einen Überblick zu verschaffen, welche Geräte zur Verfügung stehen, um eine Registrieraufgabe zu lösen. — Ein Schlußkapitel bringt Anwendungsbeispiele aus der industriellen Praxis.

Das sehr ausführliche Literaturverzeichnis, das fortlaufend durchnummeriert ist, würde gewinnen, wenn nicht die Jahrgangszahlen der Zeitschriften, sondern die im Buch zitierten fortlaufenden Nummern stark gedruckt wären.

H. Schönfeld

DK 621.396.029.6 (023.2)

**Ultrakurzwellen.** Einführung und Praktikum für Radio-Techniker und Amateure. Von Werner W. Diefenbach. (Deutsche Radio-Bücherei, Bd. 105). Mit 105 S., 105 B., Format DIN A 5. Jakob Schneider-Verlag, Berlin-Tempelhof 1951. Preis kart. 4,— DM.

Das als 105. Band der bekannten Deutschen Radio-Bücherei erschienene Büchlein wendet sich bewußt an den Radiopraktiker. Im 1. Teil wird die Frequenzmodulation der UKW-Technik unter Verzicht auf ein allzutiefes Eingehen in die Theorie behandelt und dabei auf die Schaltungstechnik und Konstruktionsprinzipien der Geräte, den Antennenbau und die Meßtechnik eingegangen. Anschließend befaßt sich die Darstellung mit besonderen Fragen der Empfangs- und Sendetechnik des 2 m-UKW-Bandes, so daß nicht nur die beruflich tätigen Radiotechniker, sondern auch die KW-Amateure durch das Büchlein eine wertvolle Unterlage für ihre Tätigkeit finden.

K. Kohler

DK 644.62 (022.3)

**Domestic Water Heating.** Von R. Grierson. Mit 263 S., 99 B., 80 Taf., Format 14×22 cm. Iliffe & Sons, Ltd., London 1950. Preis Glw. 25 sh.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, die Grundtatsachen für die Heißwasserbereitung in Haushalten für Elektrizität, Kohle und Gas zusammenzustellen. Er befaßt sich zunächst einmal mit dem zu erwärmenden Gegenstand, dem Wasser und weist auf dessen grundlegenden Eigenschaften — z. B. hartes und weiches Wasser — hin. Darin stellt er in

einem besonderen Abschnitt die für den Europäer unbrauchbaren britischen Maße zu einem gewissen Teil den metrischen gegenüber und macht dadurch die Betrachtungen etwas leichter verständlich. Allerdings beharrt er bei dem Pfund anstelle des Kiloponds und auf der Temperaturskala Fahrenheit.

In mehreren Abschnitten werden dann die festen und gasförmigen Brennstoffe und die Verbrennungsbedingungen zusammengestellt. Anschließend erfolgt die technische Kritik der verschiedenen Arten der Heißwasserbereitung und der Geräte sowie ihrer Aufstellung im Hause.

Das Buch enthält umfangreiches Tabellenmaterial, dessen Auswertung für Länder, die im metrischen System zu rechnen und zu denken gewöhnt sind, leider sehr erschwert ist.

Harald Müller

DK 621.3 (022.2)

**Elektrotechnik.** Von Werner Großstück. Mit 288 S., 396 B., Format DIN A 5. Verlag Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1951. Preis kart. 10,20 DM, geb. 12,20 DM.

Im Vorwort bezeichnet der Verfasser das Buch als eine Sammlung des Vorlesungsstoffes einer Ingenieurschule. Es soll den Bedürfnissen der Studierenden an Fachschulen und den Berufsschülern der oberen Stufen weitestgehend entgegenkommen.

Seinem Inhalt nach kann das Buch diesen Wunsch aber nicht ganz erfüllen, da die Lehrpläne der Ingenieurschulen in ihren Forderungen weit über den hier gesteckten Rahmen hinausgehen.

Die Grundlagen der Elektrotechnik und die Erscheinungen des Gleichstromes werden eingehend behandelt. Das gleiche kann auch von der Wechselstromtechnik gesagt werden. Leider muß sich der Drehstrom mit wenigen Seiten Text begnügen. Die Gleichstrommaschinen finden keine Erwähnung, auch die Wechselstrommaschinen und Transformatoren werden sehr dürftig behandelt. Kennlinien und Diagramme fehlen hier ganz. Eine interessante Zusammenstellung wichtiger Meßinstrumente und Meßverfahren schließt den Inhalt des Buches. Die Hauptabschnitte der Gleichstrom- bzw. Wechselstromtechnik bringen je eine Sammlung zahlreiche Beispiele zur Bearbeitung durch den Leser.

Das Buch könnte wegen der ausführlichen Behandlung mancher grundlegenden Abschnitte sicherlich viele Freunde gewinnen. Sehr befremdend wirkt aber folgender Satz auf Seite 1: „Überall im Weltraum ist außer dem Stoff eine nichtstoffliche Substanz oder Äther vorhanden. Leeren Raum gibt es nicht.“ Dieser Äther wird an mehreren Stellen zu Erklärungsversuchen herangezogen. In ein Lehrbuch der Elektrotechnik gehören solche Begriffe, deren Dasein von den meisten Physikern verneint wird, nicht hinein. Zum Selbststudium kann das Buch somit keineswegs empfohlen werden, da es beim Leser Verwirrung hervorrufen muß.

H. Rengier

DK 621.313/.314.004.67 (023.2)

**Feststellung und Beseitigung von Fehlern an elektr. Maschinen, Transformatoren und Geräten.** Von Karl Mutterbach. 4. Aufl. (Bd. 1 d. Elektro-Bücherei). Mit 156 S., 90 B., Format DIN A 5. Frankfurter Fachverlag, Frankfurt a. M. Preis kart. DM 4,80, Glw. DM 6,—.

Ein Buch für die Hand eines Praktikers zu schreiben ist eine schwierige Aufgabe. Es muß mehr halten als es verspricht, weil es nach dem Titel gekauft wird. Sein Wert läßt sich auch nicht nach einem Verkaufserfolg beurteilen. Leider sind die Verlage, die solche Bücher herausbringen, oft gar nicht in der Lage, ein Werturteil abzugeben, geschweige, eine kritische Durchsicht vorzunehmen.

Auch das vorliegende Buch hätte kritischer Durchsicht bedurft. Die Tabellen zur Feststellung und Beseitigung von Fehlern, welche die Hälfte der Seitenzahl beanspruchen, enthalten viele Wiederholungen und mißverständliche Angaben. Leider sind auch die viel wertvolleren Anmerkungen zu den Tabellen, die die zweite Hälfte des Buches füllen, nicht fehlerfrei. Ich nenne hier nur einige, die schon bei der ersten Durchsicht ins Auge fielen. So stimmen in Bild 20 Drehsinn und Polarität der Wendepole nicht überein, in den meisten Drehstrommotorschaltungen sind Wicklungsanfang und -ende bei den Anschlüssen WZ nicht berücksichtigt worden, Bild 56 verwendet eine nicht mit dem Vorangehenden übereinstimmende Klemmenbezeichnung, in Bild 58 ist die Funktion des Schalters unklar, Bild 60 fördert den Aberglauben von 90% der Nennleistung bei Kondensatorbetrieb eines Drehstrommotors, Bild 86 verführt zum Lösen eines

Wicklungsanschlusses, obwohl das Entfernen einer Last im Klemmbrett genügt, Bild 87 ergibt negativen Ausschlag bei der Leistungsmessung.

Das Vertrauen des Praktikers zu Fachbüchern durch dieses Buch nicht bestärkt werden.

K. Roewer

DK 621.385.027.6 (02)

**Rundfunkröhren.** Eigenschaften und Anwendung der neuen UKW-Röhren. Von L. Ratheser. Mit 128 S., 237 B., Format 17,5×24,5 cm. Regeliens Verlag, Berlin 1951. Preis 0,16,— DM.

Dies Buch ist ein Ergänzungsband des bekannten Werkes „Rundfunkröhren, Eigenschaften und Anwendung“. Nach einer allgemeinen Betrachtung des UKW-Rundfunk und der Anforderungen an die Röhren der UKW-Rundfunkempfänger werden die verschiedenen für Rundfunkzwecke üblichen Röhrentypen und die gebräuchlichen UKW-Eingangsschaltungen beschrieben. Den Hauptteil des Buches nehmen die Röhrendaten der D-, E- und U-Serie ein, bei jeder Röhre typische Schaltungsbeispiele mit genauen Dimensionierungsunterlagen angegeben werden. Einmalig werden neben den Philips Valvo- und Telefunken Röhren auch die Lorenztypen und die von der AEG für Rundfunkzwecke entwickelten Trockengleichrichter besprochen.

Das in Druck, Abbildungen und Papier hervorragend ausgestattete Buch gibt einen ausgezeichneten Überblick über alle im UKW-Gebiet benutzten Röhren und wird nicht nur den in Forschung und Betrieb tätigen Ingenieuren eine wertvolle Hilfe sein, sondern auch den Rundfunkmechanikern viele Aufgaben erleichtern. Der Wert des Buches steigt noch dadurch, daß das ausführliche und sorgfältig zusammengestellte Stichwortverzeichnis auch den Inhalt des Bandes mitenthält, obwohl dieser zum Verständnis der Ergänzungsband dargestellten UKW-Röhren keinesfalls erforderlich ist.

H. Frick

DK 658 : 331.02

**Rückkehr zum Menschen** in der amerikanischen Wirtschaft. Von Alphonse Haettenschwiler. Mit 24 S., Format DIN A 5. Verlag Mensch und Arbeit, Zürich 1950.

Das in den zwanziger Jahren weit verbreitete Buch „Das wirtschaftliche Amerika“ von Köttgen bildet für viele Leser die Grundlage zu einer bestimmten Ansicht über die Struktur und die innere Beschaffenheit der amerikanischen Wirtschaft. Namen wie F. W. Taylor und H. Ford, Begriffe wie Mammutkonzern, Mechanisierung und arbeitende Mensch in den USA immer mehr der Erfüllung anheimfalle, so daß das dort herrschende Wirtschaftssystem den Keim der Auflösung in sich trage. So ist es zu sein, aber in dem vergangenen Menschenalter hat sich eine Umwandlung vollzogen, auf die Haettenschwiler in seiner kleinen Schrift nachdrücklich weist. Schon Taylor forderte „... Rücksichtnahme auf Denken und Gefühlsleben der Arbeiter und die Gestalt einer entsprechenden geistigen Atmosphäre im Innern eines einvernehmlichen Zusammenarbeitens zwischen Verwaltung und Betrieb“. Aber er wurde von seiner Utopie nicht verstanden. Erst sehr viel später kam der Begriff „human relations“ auf; er bedeutet im Grunde nichts anderes als die Überwindung der früher vorherrschenden patriarchalen Unterordnung zu Gunsten einer Nebenordnung im Sinne echter Partnerschaft. In den USA setzen sich Gewerkschafter und Gewerkschaften, Wissenschaft und Praxis gleicher Weise für die Förderung der menschlichen Beziehungen ein. Die Bedeutung dieser Bemühungen sieht der Verfasser in der Erkenntnis, daß sie die Grundlagen der freien Wirtschaft sind und zugleich dauerhaften gesellschaftlichen Erfolg verbürgen.

Hinwendung zur menschlichen Seite ist der Kern des neuen Denkens und Handelns. Zur Methodik nur wenige Beispiele: Systematische Erforschung der inneren Einstellung der Betriebsangehörigen zum Vorgesetzten, zum Betrieb und zum Unternehmen, Training der Angehörigen einschließlich der Leitenden im neuartigen Verfahren, „80% aller Betriebsfehler Folgen von Nicht-wissen, Nicht-können und Nicht-kümmern“ sind, gemeinverständliche Geschäftsberichte, Aufbau des Vorschlagswesens, Untersuchungen der Arbeitsgruppen-Dynamik, psychologisch ausgerichtete Personalberatung (Counseling) usw. Aufgrund seiner Kenntnis der amerikanischen Wirtschaft und 14jährigem Aufenthalt und Studium drüben erworben



ieht Haettenschwiller allen fortschrittlich Denkenden den gleichen Weg. Für uns bietet der wohlthuend klare Vortrag in seiner Prägnanz eine ansprechende Einführung in entscheidende Problemkreise des modernen Betriebslebens; er sollte nicht unbeachtet bleiben.

K. G. H e t z e r

DK 537.5 : 54 (022.4)

**Hochspannungs-Entladungsschemie** und ihre industrielle Anwendung. Von Th. R u m m e l. Mit 310 S., 142 B., Format 6×24 cm. Verlag von R. Oldenbourg und Hanns Reich Verlag, München 1951. Preis Hlw. 30,—.

Während die physikalischen Erscheinungen bei Hochspannungsentladungen schon mehrfach zusammenfassend beschrieben worden sind, liegt bisher noch keine ähnliche Darstellung der bei diesen Entladungen vor sich gehenden chemischen Reaktionen vor. Th. R u m m e l will mit seinem Buch diese Lücke schließen. Den von ihm behandelten Stoff lenkt er gegen die Kernphysik dadurch ab, daß nur Vorgänge behandelt werden, die in den Elektronenschalen der Atome eingreifen, den Kern aber unberührt lassen. Die Abgrenzung gegenüber der Chemie der Elektrolyte ist schon durch den Begriff Hochspannung gegeben.

Nach einem kurzen einleitenden Abschnitt, in dem die chemischen Zwecke brauchbaren Entladungsformen behandelt sind, werden die physikalisch-chemischen Wechselwirkungen zwischen den Gasen, isolierenden und leitenden Flüssigkeiten und festen Körpern beschrieben. Ein dritter großer Abschnitt befaßt sich mit den entladungsschemischen Reaktionen. In einem allgemeinen Teil werden die Arten der möglichen Reaktionen aufgeführt, die Primär- und Sekundärprozesse, die Wärme- und Entladungswirkungen und die auftretenden chemischen Veränderungen besprochen und schließlich noch ein Überblick über die theoretischen Erklärungsversuche der entladungsschemischen Wirkungen gegeben. Der spezielle Teil behandelt das entladungsschemische Verhalten der Edelgase, des Wasserstoffs, des Stickstoffs, des Sauerstoffs, der Halogene und ihrer Verbindungen, dann der Kohlenwasserstoffe, der Alkohole und Amine mit ihren Oxydationsprodukten, der Kohlehydrate, der organischen Säuren, der Ester enthaltenden tierischen und pflanzlichen Produkte, der stickstoffhaltigen organischen Verbindungen und Vitamine. Dann geht der Verfasser noch kurz auf die Zerstäubung von metallischen Leitern und die Zersäufzehrung bei entladungsschemischen Vorgängen ein. Der vierte umfangreicher Hauptabschnitt ist den technischen Anwendungen in der Metalltechnik, Elektrotechnik, Katalyst- und Brennstofftechnik, Kolloidtechnik, Anstrich- und Lacktechnik, Schmiermittel- und Ozontechnik gewidmet. Bei der Behandlung der Ozontechnik absichtlich knapp gehalten, da über dieses Gebiet anderweitiges umfangreiches Schrifttum vorhanden ist.

Schon diese kurze Inhaltsübersicht läßt die Vielzahl der behandelten Probleme erkennen, die das Buch behandelt. Das Literaturverzeichnis von 1078 Nummern ermöglicht dem Leser weitgehend auf Originalarbeiten zurückzugreifen. Das Buch wendet sich nicht nur an Chemiker, sondern auch an Physiker und Ingenieure. Den Elektrotechniker wird besonders das Verhalten der Isolierstoffe bei Hochspannungsentladungen interessieren. Vielleicht wird er dabei manchmal eine etwas kritischere Einstellung des Verfassers wünschen, so z. B. bei der in § 225 beschriebenen Schnellprüfung der Isolierrolle, die wohl für die Prüfung von Kabel- und Kondensatorrollen Bedeutung gewinnen kann, aber bei der z. T. die wesentlich niedrigeren Beanspruchung von Transformatorrollen leicht zu Fehlschlüssen führt. Man bedauert es, daß in § 223 die vorzügliche Arbeit von Th. W ö r n e r nicht mehr Aufnahme gefunden hat, die die physikalischen und chemischen Vorgänge der Gasabspaltung von Tierröhren auf eine neue Grundlage stellt. Jedoch sind dies kleine Wünsche, die in einer zweiten Auflage berücksichtigt werden können, und kaum den Wert der ausgezeichneten Arbeit des Verfassers verkleinern. Die Darstellung ist klar und verständlich und vermeidet mathematische Überlegungen, in denen sie stets die chemischen und physikalischen Grundlagen herausgearbeitet und durch eine große Zahl sehr guter Abbildungen erläutert. Das Buch wird nicht nur dem Praktiker, sondern auch dem Studierenden willkommen sein, zumal es der Verlag R. Oldenbourg in seiner bekannten Ausstattung herausgebracht hat.

R. S t r i g e l

DK 621.791.054 (023.3)

**Metallschneiden (autogenes und elektrisches Schneiden)**. Von A. H o r n. Mit 161 S., 174 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 12,60 DM.

Th. W ö r n e r: Erdöl u. Kohle 3 (1950) S. 427.

ger-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 12,60 DM.

Der Verfasser, bekannt als Mitautor des schweißtechnischen Standardwerks Schimpke-Horn, Praktisches Handbuch der gesamten Schweißtechnik, behandelt das Thema in der vorliegenden Schrift erschöpfend und meisterhaft.

Nach einem geschichtlichen Überblick, in welchem man allerdings den Namen des belgischen Erfinders J o t t r a n d vermißt, werden eingehend die Schneidanlagen, -brenner und -maschinen beschrieben, wobei auch der Name des Erfinders der Kreuzwagenmaschine Krebs nicht erwähnt wird. Es folgen Ausführungen über den Brennschnitt hinsichtlich Dicke, Breite, Geschwindigkeit, Aussehen und Genauigkeit. Daran schließt sich die Technik des Brennschneidens mit sehr instruktiven Ausführungsbeispielen an, auch aus dem Elektromaschinenbau, der das Maschinenschneiden heute in ausgedehntem Maße anwendet. Das nächste Kapitel ist der Metallurgie gewidmet, u. a. der Frage, welcher Stahl gut, welcher schlecht und welcher nicht schneidbar ist. Im folgenden werden die Sonderbrenner und -verfahren für Gußeisen, hochlegierte Stähle und NE-Metalle, die Pulververfahren sowie das neue Beton- und Eisenbetonbohren und -schneiden mit der Lanze beschrieben. Das elektrische Brennschneiden, besonders mit Sauerstoff und Röhrenelektroden und seine Eignung auch zum Unterwasserschneiden und zum Schneiden von NE-Metallen werden ebenso erwähnt wie das autogene Unterwasserschneiden. Den Abschluß bilden Angaben über Schnittleistung, Gasverbrauch und Wirtschaftlichkeit.

Das Buch gehört in die Hand eines jeden, der sich beruflich mit dem Brennschneiden befaßt; auch der routinierte Fachmann kann noch manches daraus lernen. Sprache, Bilder und Ausstattung sind ausgezeichnet.

I. C. F r i t z

DK 536.7 (022.4)

**Die Grundlagen der angewandten Thermodynamik**. Von Dr.-Ing. habil. Kurt N e s s e l m a n n. Mit 320 S., 311 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. DM 18,—.

In der Thermodynamik wurden früher im wesentlichen nur homogene Stoffe, vornehmlich Gase und Dämpfe behandelt. Durch die sprunghafte Entwicklung vor und während des letzten Krieges hat das Gebiet erhebliche Erweiterungen erfahren. Praktiker und Wissenschaftler sehen sich vor gänzlich neue Aufgaben gestellt. So gibt es jetzt neben der Thermodynamik der Gase und Dämpfe auch eine solche der Lösungen und chemischen Reaktionen, eine Thermodynamik des Wärmeaustausches, des Stoffaustausches und damit der Diffusionserscheinungen.

Der Verfasser stellte sich die Aufgabe, den angewandten Teil der Thermodynamik in gedrungener Form so darzustellen, daß in einem Band alle wesentlichen Teilgebiete erfaßt wurden. Technische Einzelheiten wurden deshalb weggelassen, damit nur Thermodynamik gelehrt werden konnte. An allen geeigneten Stellen wurde in anschaulicher Weise der mathematischen Formulierung der Vorzug eingeräumt. Die Darstellung ist klar, der Text verständlich und angenehm lesbar. Die gedrängte und kurzgefaßte Schreibweise verlangt vom Leser erhebliche geistige Mitarbeit, die bei einem solchen Fachgebiet zur Durchdringung ohnehin Voraussetzung ist.

Das Buch kann für Leser, die in die Materie schon eingeführt sind, sehr empfohlen werden.

F. W. W i n t e r

DK 621.315.616 (058)

**Deutsches Jahrbuch für die Industrie der plastischen Massen**. Hrsg. Dr.-Ing. Karl F a b e l. Mit 500 S., 17 B., Format DIN A 5. Wilhelm Pansegrau Verlag, Berlin 1951. Preis geb. 32,60 DM.

Die letzte, 5. Ausgabe dieses Jahrbuches war 1942 erschienen. Durch die vorliegende 6. Ausgabe soll der Anschluß an das Fach- und Patentschrifttum der Kriegsjahre hergestellt werden. Die Fülle des Stoffes zwang zu einer gruppenweisen Aufteilung und Bearbeitung durch mehrere Fachleute.

Die in den Kriegs- und Nachkriegsjahren besonders in den USA erzielten Fortschritte auf dem Gebiete der plastischen Massen sind in der Tat so erdrückend, daß eine straffere und stärker gegliederte Einteilung unbedingt nötig gewesen wäre. Nur im Abschnitt „Polyvinyl- und Polyacrylverbindungen“, der ohnehin sehr weit gefaßt ist (er schließt z. B. auch Polystyrol = Polyvinylbenzol mit ein) ist der Versuch einer, allerdings wenig überzeugenden Unterglie-

derung gemacht worden; so stehen nebeneinander die Unterabschnitte: Theoretische Erkenntnisse und Forschung, Erkenntnisse über Art und Wesen der Polymerisation, Polymerisation (Beschleuniger, Verzögerer), Polymerisation von Alkenen und Isoalkenen (Isobutylen) usw. Es ist schade, daß der außerordentlich vielseitige, durch weit über 1000 Literaturstellen und Patentschriften belegte Text infolge dieses Mangels nur eine lose aneinander gereihete Zusammenstellung interessanter Einzelheiten bleibt.

Für den Elektrotechniker sind fast alle der behandelten Kunststoffe von Bedeutung. Neben den bereits bewährten Phenol- und Harnstoffharzen (für Preßstoffteile), dem vielseitig verwendbaren Polyvinylchlorid (für Kabel und Leitungen) und dem Polystyrol (für Hochfrequenzkabel) werden Polyäthylen und Polytetrafluoräthylen (für verlustarme Kabel, Seekabel und für Anwendungen in der Radartechnik) sowie die Silicone als jüngste Kunststoffgruppe (Silicon-Lack und Silicon-Gummi für hohe Wärmebeanspruchungen) behandelt.

Der Abschnitt über die Verarbeitung bringt nur einige Beispiele der Verarbeitung „thermoplastischer“ Massen, während das Pressen härterer Massen überhaupt nicht erwähnt wird. Auch auf diesem Gebiet sind doch in den letzten 10 Jahren Fortschritte erzielt worden (Niederdruck-Preßverfahren).

Ein kurzes Kapitel über Nomenklatur (hier muß es auf Seite 351 nicht Nitsche und Henning, sondern Nitsche und Heering bei der Zitierung der neu vorgeschlagenen Bezeichnung „Polyplaste“ heißen), ein Verzeichnis der Warenzeichen und Handelsnamen sowie der Bezugsquellen und schließlich ein ausführliches, aber bei der unsystematischen Textgestaltung nicht viel helfendes Sachregister vervollständigen das Buch, das mehr für den Chemiker als für den Anwender gedacht zu sein scheint.

W. Krassowsky

621.756 : 658.2 (023.1)

**Handbuch für Maschinenarbeiter.** Von Dr.-Ing. Siegfried Werth. 2., erw. Aufl. Mit 130 u. VI S., 117 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis kart. 6,60 DM.

Mit vorliegendem Buch will der Verfasser dem Maschinenarbeiter das Rüstzeug geben, das er zur Durchführung seiner Arbeit benötigt. Er bemüht sich in einfacher, kurzer und klarer Darstellung das herauszuarbeiten, was bei der Einrichtung, Einstellung und beim Arbeiten der Werkzeugmaschine beachtet werden muß, um Fehler und Ungenauigkeiten am Werkstück zu vermeiden.

Die Einteilung des Buches ist besonders geschickt gewählt. In der „Allgemeinen Betriebskunde“ wird das theoretische Rüstzeug gegeben. In den einzelnen Abschnitten werden behandelt: Winkel-, Kegel-, Teilkopfberechnung, Zeichnungskunde, Maße und Toleranzen, Meßkunde und Grundzüge des Spannsens von Werkstücken. Diese unbedingt notwendigen Grundlagen, die jeder M. A. beherrschen muß, werden in gedrängter Form, meist durch Beispiele belegt, vermittelt. Bei den Berechnungsgrundlagen hätte die Gewinde- und Spiralsteigungsberechnung erwähnt werden können. In der „Besonderen Betriebskunde“ behandelt der Verfasser die einzelnen Zerspanungsarten. Er setzt sich kurz mit der Zerspanbarkeit der Werkstoffe auseinander und gibt hier wertvolle Hinweise. Die Grundbegriffe Spantiefe, Schnittgeschwindigkeit und Vorschub werden klar herausgearbeitet, ebenso die Einflußgrößen, die für die Wahl der Schnittgeschwindigkeit von Bedeutung sind. Bei den einzelnen Vorgängen, wie Drehen, Schleifen, Bohren usw. werden alle die charakteristischen Merkmale, die beim richtigen Einspannen und Einsatz des Werkzeugs beachtet werden müssen, übersichtlich und klar herausgestellt. Ebenso wird das Stumpfwerden und Schärfen eingehend behandelt. Besonders wertvoll ist am Schluß der Abschnitte die Zusammenfassung der Fehler, die durch falschen Einsatz entstehen können. Gerade durch diese Hinweise können viele häufig wiederkehrende Fehler in der Werkstatt vermieden werden. Besondere Richtwerttafeln für SS-Stahl und Hartmetallwerkzeuge geben für die einzelnen Zerspanungsarbeiten zulässige Schnittgeschwindigkeiten, Vorschübe, Drehzahlen usw. für die normalen Nichteisen- und Eisenmetalle an. Mit einer kurzen Betrachtung über die menschliche Leistung schließt das Werk ab.

Möge das Buch recht zahlreich in die Hände der Mannen gelangen, denen es ein Ratgeber und Helfer sein will.

O. Dietzmann

DK 64.02 (04)

**Dechema-Informationstagung 1951.** Hrsg. i. A. d. Dechema von H. Bretschneider. Mit 230 S., Format DIN A 4. Preis kart. 10,— DM.

Anläßlich ihrer Informationstagung gab die Dechema einen umfangreichen Katalog heraus, der gleichzeitig eine kleine Biographie der Deutschen Gesellschaft für chemische Apparatewesen zu ihrem 25jährigen Bestehen darstellt. Der Bericht über das Werden der Gesellschaft, den Dr. Bretschneider gibt, ist alles andere als eine trockene Aufzählung von Ereignissen. Der Verfasser versteht es, den Leser sofort mitten in die Geschichte der Gesellschaft zu stellen.

Neben den Dingen, die jeder Tagungskatalog enthalten muß, wie z. B. die Vortragsfolge, finden wir kurze Auszüge aus den Vorträgen und die sog. Leistungsberichte, Monographien der Firmen. Für Industrie und Handel ist das Firmenverzeichnis ebenso wichtig, wie das Sachverzeichnis. Das den treffenden Untertitel erhielt: „Wer weiß über wen Bescheid?“

H. Hanses

## Eingänge

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten.)

**Stromrichteranlagen der Starkstromtechnik.** Von Dr.-Ing. Helmut Schütz. Mit 213 S., 169 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 18,— DM.

**Lichtberechnungen und Lichtmessungen.** Von H. A. E. Keil. 433 S., 205 B., zahlr. Taf., Format 16×24 cm. Philips Technische Buchverlag, Ausgabe der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven 1951. Preis Glw. 28,— DM.

**Electronics-Annual Buyers Guide Issue.** Mit 544 S., Format 21×28 cm. McGraw-Hill Publication, New York 1951. Preis kart. 2 \$.

**Allgemeine Wechselstromlehre.** Erster Band: Grundlagen. Von Dr.-Ing. H. F. Schwenkhaagen. Mit 544 S., 420 B., Format 17×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 39,— DM.

**Die Edelmetalle.** Von Prof. Dr.-Ing. F. Rapaatz. 4., verb. u. erw. Aufl. Mit 730 S., 338 B., 121 Taf., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 49,50 DM.

**Wärme- und Kälteschutz in der Industrie.** Von Dr.-Ing. habil. C. Cammerer. 3., verb. Aufl. Mit 360 S., 126 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 36,— DM.

**Maschinenelemente.** Von Prof. Dr.-Ing. G. Niemann. 1. Band. 308 S., 795 B., Format 20×27 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 28,50 DM.

**Elektrische Sättigungserscheinungen und elektrokalorischer Effekt von Kallumphosphat KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.** Von Hans Baumgartner; mit 46 S., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1950.

**Elastizität von piezoelektrischen und seignettelektrischen Kristallen.** Von Franco Jona; mit 48 S., 40 B., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1950.

**Experimente zur Richtungskorrelation sukzessiver Kernstrahlungen.** Von Max Walter; mit 32 S., 9 B., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1950.

**Untersuchung der Photospaltung von Kohlenstoff C<sup>14</sup> in drei Alphaen.** Von Valentin L. Telegdi; mit 52 S., 13 B., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1951.

**Fonctions d'excitation de la reaction (p, n).** Von Pierre Marin; mit 38 S., 14 B., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1951.

**Röntgenuntersuchungen über die Seignettelektrizität von Bariumnitrat.** Von Werner Känzig; mit 42 S., 19 B., Format 15,5×23 cm. Dissertation T. H. Zürich. E. Birkhäuser & Cie., Basel 1951.

**Entwurf eines elektronischen Rechengerätes.** Von Ambrosius Sauer; mit 54 S., zahlr. B. u. Taf., Format 14,5×21 cm. Dissertation T. H. Zürich. L. Speich, Zürich 1950.

**Über einige Approximationen, die bei der Synthese elektrischer Netze mit vorgegebenen Eigenschaften nötig sind.** Von Ernst Schöberl; mit 67 S., 12 B., Format 17×24 cm. Dissertation T. H. Zürich. Dissertationdruckerei Leemann AG., Zürich 1951.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. F. Alf, i. Fa. Elotherm GmbH, Reimscheid-Hasten, Heimbachbergerstr. 31

Dr.-Ing. W. Bähre, Phys.-Techn. Bundesanstalt, Braunschweig

Dipl.-Ing. W. Kind, Berlin-Haselhorst, Kusterstr. 45

Dipl.-Ing. Obering. Hans Meyer, München 13, Karl-Theodor-Str. 11

Dipl.-Ing. F. Pollenz, Wuppertal-Barmen, Albertstr. 45

Dr.-Ing. H. Solting, Nürnberg, Bismarckstr. 44

Obering. Fr. Weiß, Braunschweig, Karlstr. 77

Abschluß des Heftes: 31. August 1951

Schriftleitung: i. V. Dr. F. Lauster. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Brüller Str. 99, Postfach 1144. Fernruf 911. Verlag: VDE-Verlag GmbH, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 114. Postfach 1144. Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 9012. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH, wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 1. Oktober 1951

Heft 19

## Hyperbel-Navigation in Deutschland

Von E. Roessler, Berlin

DK 621.396.933.1

**Übersicht.** Unter den verschiedenen Hochfrequenzverfahren, die während des Krieges zu erstaunlicher Vollkommenheit entwickelt wurden, dienen z. Zt. vor allem jene Navigationsverfahren unsere Aufmerksamkeit, die — in gleicher Weise für Schifffahrt und Luftfahrt geeignet — innerhalb des deutschen Bereiches angewandt werden sollen. Es geht dabei hauptsächlich um zwei Verfahren, deren Einführung in englischer bzw. amerikanischer Seite empfohlen wird. Im folgenden wird das Wesentliche desjenigen Verfahrens erläutert werden, dessen Anwendung z. Zt. von der Firma Telefunken in Verbindung mit der englischen Firma Navigator Comp. erstellt werden und das bereits in England und Amerika eingeführt ist. Dabei wird auch auf jene gleichartigen Verfahren eingegangen, die während des Krieges in Deutschland entwickelt wurden.

### Fremd- und Eigennavigation

Die Navigationsverfahren faßt man zweckmäßig in zwei großen Gruppen zusammen: Bei den Verfahren der ersten Gruppe, der **Fremdnavigation**, wird der Ort des Fahrzeuges von festen Stationen aus bestimmt und die so erhaltene Position der Besatzung des Fahrzeuges mitgeteilt. Der bekannteste Vertreter dieser Gruppe ist die hochfrequente **Fremdpeilung**. Auch die meisten Funkmeß (Radar)-Verfahren gehören hierher. Bei ihnen allen werden die feststehenden Anlagen während der Ortung eines Fahrzeuges ausschließlich für dieses eine Fahrzeug benötigt. Es ist nicht möglich, gleichzeitig andere Fahrzeuge zu orten. Bei starkem Verkehr kann es deshalb schwierig werden, die in dem zu ortenden Raum befindlichen Fahrzeuge genügend schnell und zeitlich nacheinander mit genauen Positionsangaben zu versorgen. Panoramageräte, das sind Funkmeßgeräte, die einen landkartenähnlichen Rundblick ergeben und auch in Deutschland in Betrieb waren, liefern dagegen Ortungen der einzelnen Fahrzeuge in so kurzen Zeitabständen, daß man praktisch von gleichzeitiger Ortung sprechen kann. Diese Geräte sind für die Überwachung von Hafeneinfahrten und zur Beobachtung des Luftraumes auch für andere Zwecke unerlässlich.

Die **Fremdnavigation** hat den Vorteil, daß an Bord außer dem Sender und Empfänger, die zur Verständigung mit den Bodenstationen erforderlich sind, keine zusätzlichen Einrichtungen benötigt werden. Sie hat den Nachteil, daß sie nur bei bester Zusammenarbeit zwischen der Besatzung und dem Personal der Bodenstation gute Ergebnisse liefert. Der mit dem Prinzip des Panoramagerätes notwendigerweise verbundene Gebrauch sehr kurzer Wellen beschränkt die Reichweite dieser Verfahren auf die optische Sicht.

Bei den Verfahren der **Eigennavigation** wird der Ort des Fahrzeuges an Bord festgestellt. Hier ist also eine Verständigung zwischen Bord und Boden nicht mehr erforderlich. Sie lassen sich, soweit sie auf drahtloser Übertragung beruhen, in zwei Untergruppen einordnen, die am besten durch die Worte „**Eigenpeilung**“ und „**Mischpeilung**“ gekennzeichnet werden.

Durch die **Eigenpeilung** wird der Ort des Fahrzeuges in Bezug auf ortsfeste Sender, z. B. sogenannte Funkfeuer, genau festgestellt, wie man früher vor Einführung der Funktechnik durch die optische Peilung von feststehenden, bekannten Landmarken oder Leuchttürmen navigierte. Bei diesen Verfahren werden an den Sender am Boden keine besonderen Anforderungen gestellt. Benutzt man an Bord Funkmeßgeräte, kann man sogar ohne ortsfeste Sender auf Grund des

verschieden reflektierenden Geländes navigieren. Hier liegt der ganze für die Ortsbestimmung nötige Aufwand an Bord.

Die **Mischpeilung** verlegt den zur Ortsbestimmung erforderlichen Aufwand z. T. auf die Bodenstationen. An Bord genügt ein Empfänger mit ungerichteter Antenne. Mit Hilfe eines, je nach dem Verfahren sehr verschiedenartigen Gerätes, werden die vom Bodensender ausgesandten Zeichen an Bord so umgeformt, daß die Besatzung die Angaben über den Ort des Fahrzeuges unmittelbar oder nach einfacher Auswertung erhält. Die Tätigkeit des Bodenpersonals beschränkt sich dann auf die Überwachung der Bodenanlagen. Mit dem Fahrzeug braucht keine Verbindung aufgenommen zu werden. Nach den von einer Bodenanlage ausgesandten Zeichen können beliebig viele Fahrzeuge navigieren. Zu dieser Gruppe gehören die **Hyperbelverfahren**.

### Impuls- und Interferenzhyperbeln

Am leichtesten verständlich ist das **Impuls-Hyperbelverfahren**. Man denke sich zwei Sender  $S_1$  und  $S_2$  (Bild 1), die gleichzeitig kurze Hochfrequenzimpulse aussenden. An einem Empfangsort auf der Symmetrieachse  $aa$  werden diese Impulse gleichzeitig ankommen. Beobachtet man dagegen im Empfänger eine Zeitdifferenz zwischen dem Impuls des Senders  $S_1$  und dem des Senders  $S_2$ , so ist dies ein Zeichen, daß sich der Empfänger nicht mehr auf der Symmetrieachse befindet. Einem konstanten Laufzeitunterschied ent-

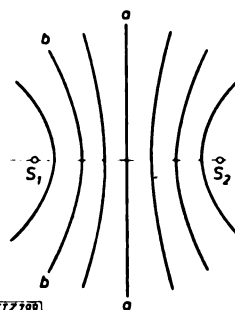


Bild 1. Linien gleichen Laufzeitunterschiedes (Hyperbeln).

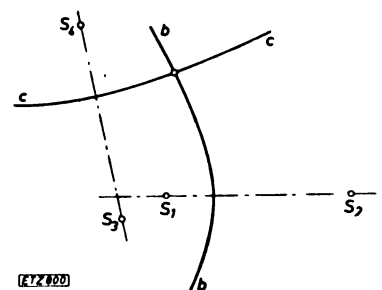


Bild 2. Ortsbestimmung durch zwei Hyperbelsysteme.

spricht eine bestimmte Hyperbel, z. B.  $bb$ . Benutzt man zur Ortung noch ein zweites System, bestehend aus den Sendern  $S_3$  und  $S_4$ , so erhält man aus dem Laufzeitunterschied der von diesen beiden Sendern ausgehenden Impulse eine zweite Hyperbel ( $cc$  in Bild 2). Der Schnittpunkt der beiden Hyperbeln bestimmt den Ort des Empfängers, wobei die Genauigkeit der Ortsbestimmung vom Schnittwinkel der beiden Hyperbeln abhängt. Nach diesem Prinzip arbeitete z. B. das amerikanische Loran-Verfahren (Long range navigation system), mit dessen Hilfe gegen Ende des Krieges von den Alliierten über Deutschland navigiert wurde. Die Sender standen in Derna (Lybien), Oran (Algerien) und auf einer der Shetland-Inseln.

Die Genauigkeit ist bei den Impulsverfahren durch die Impulsbreite begrenzt, die also möglichst klein gemacht wer-

den sollte. Andererseits ist es nötig, daß der Impuls eine große Anzahl von Hochfrequenzschwingungen umfaßt, damit genügende Reichweite erzielt wird. Da mit Rücksicht auf die beim Loran-Verfahren zu überbrückenden großen Entfernungen die Wellenlängen in der Größenordnung von 200 m gewählt wurden, ergab sich eine Ortungsgenauigkeit von etwa 5 km über dem mitteleuropäischen Raum.

In der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt hatten schon vor dem Kriege P. v. Handel und W. Pfister ein anderes Verfahren („Erika“) vorgeschlagen, bei dem keine Impulse erzeugt wurden, sondern die von zwei Sendern ausgehenden Wellen unmittelbar interferierten. Ist ihre Frequenz genau gleich groß und bleibt auch der Phasenunterschied der beiden Hochfrequenzen am Sendeort erhalten, so bilden sich stehende Interferenzhyperbeln aus. Beträgt der Gangunterschied zwischen den beiden Wellen am Empfangsorte Null oder ein Vielfaches der Wellenlänge, so ergibt sich ein Maximum der Feldstärke; ist er ein ungerades Vielfaches der halben Wellenlänge, so erhält man ein Minimum. Trägt man diese Hyperbeln, die bei größeren Entfernungen von den beiden Sendern praktisch durch ihre Asymptoten, also durch gerade Linien darstellbar sind, in eine Karte ein, so braucht man, beginnend vom Start, nur die Anzahl der durchflogenen Minima und Maxima zu zählen, um jederzeit die Standlinie zu erhalten, auf der man sich befindet. Das Verfahren sollte höchste Genauigkeit ergeben und war für die Luftfahrt gedacht. Deshalb entschloß man sich, Ultrakurzwellen anzuwenden, bei denen die geringsten Störungen durch den Boden und die Ionosphäre zu erwarten waren. Die Reichweite war dann allerdings auf die optische Sicht beschränkt, also auf 400 km bei großen Flughöhen, was aber damals als ausreichend betrachtet wurde.

Anfangs (1934) wählte man eine Wellenlänge von 7 m und einen Senderabstand von 13 km. Bei diesem Abstand machten sich schon Ungleichmäßigkeiten in der Ausbreitung bemerkbar, so daß sich die Hyperbeln nicht immer genügend deutlich ausbildeten. Später verringerte man bei einer Wellenlänge von etwa 5 m den Senderabstand auf 2 km und erhielt so 800 Interferenzhyperbeln, durch die also der Winkel von 180° in 800 praktisch gleich große Teile geteilt wird. Von Hyperbel zu Hyperbel, von Minimum zu Minimum, war also die Winkeldifferenz nur etwa 0,2°. Da man zwischen den einzelnen Hyperbeln noch interpolieren konnte, ergab sich an der Grenze der Reichweite in 400 km Entfernung eine Genauigkeit von etwa 200 m. Gegen Ende des Krieges wurde der Senderabstand noch weiter verringert, dafür aber die Interpolationsgenauigkeit erhöht, so daß man auch dann noch die gleiche Genauigkeit erhielt. Anfangs war das Verfahren noch mit drei grundsätzlichen Fehlern behaftet:

1. Das Zählgerät, das die Anzahl der durchflogenen Hyperbeln zählte, machte keinen Unterschied zwischen einer im Uhrzeigersinne und einer im entgegengesetzten Sinne durchschnittenen Hyperbel. Der zurückgelegte Weg mußte deshalb alle Hyperbeln eindeutig im gleichen Sinne schneiden. Man durfte keine Kurven fliegen.
2. Man mußte von einem bekannten Punkte aus, also praktisch vom Start an, lückenlos zählen. Der Empfang durfte nicht abreißen. Man konnte sich nicht an einem beliebigen Punkte in das Hyperbelsystem einschalten.
3. Bei geringen Flughöhen genügte die Reichweite der Ultrakurzwellen nicht, selbst wenn die Sender auf hohen Bergen standen.

**Die Vergrößerung der Reichweite bei gleicher Genauigkeit**

Soll ein Navigationssystem nicht nur für Flugzeuge in großen Höhen, sondern auch für landende Flugzeuge brauchbar sein, will man es ferner auch auf die Schifffahrt ausdehnen, so muß man zu längeren Wellenlängen übergehen, es sei denn, daß man eine sehr große Anzahl von UKW-Sendern aufstellt, was z. B. bei der Überbrückung von Meeresteilen nicht möglich ist. Um bei dieser Vergrößerung der Wellenlänge die gleiche Genauigkeit zu behalten, muß man — dies war wenigstens die Auffassung vor 10 Jahren — bei einem Hyperbelsystem auch den Abstand der zwei zusammengehörigen Sender entsprechend vergrößern. Ginge man von

einer Wellenlänge von 5 m auf eine solche von 3000 m über, um auf diese Weise der geforderten Reichweite Genüge zu leisten, so müßte man den Abstand von 2 km auf 1200 km vergrößern. Damit käme man aber auf Entfernungen, bei denen der Einfluß der Ionosphäre bereits bemerkbar wäre. Eine Trennung der längst der Erdoberfläche und der über die Ionosphäre übertragenen Wellen ist dann nur bei kurzen Impulsen wie beim Loran-Verfahren möglich. Die derzeit erreichbare Genauigkeit von etwa 5 km ist aber z. B. für Schiffe, die eine bestimmte Fahrrinne verfolgen, oder für Flugzeuge, die einen Flughafen zur Landung anfliegen so keinesfalls ausreichend.

Wie kann man nun die günstige Reichweite der Langwellen mit der Genauigkeit der Ultrakurzwellen verbinden? Es ist das Verdienst der Decca Navigator Comp., vor allem von W. I. O'Brien und H. F. Schwartz, hier einen Weg aufzuweisen zu haben. Es war die Erkenntnis, daß es gar nicht nötig ist, die Interferenzhyperbeln im Raume selbst zu erzeugen, daß es vielmehr genügt, sie gleichsam an Bord des Empfängers entstehen zu lassen.

Man denke sich zwei Sender, von denen der eine die Frequenz  $f_1$ , der andere die Frequenz  $f_2$  sendet. Beide Frequenzen sind so gewählt, daß sie Vielfache einer gemeinsamen Grundfrequenz  $f_0$  sind, z. B.  $f_1 = 6 f_0$  und  $f_2 = 4 f_0$ . Sie erzeugen zusammen im Raum um die Sender herum Interferenzhyperbeln. Werden sie aber an Bord in zwei Empfängern empfangen und auf eine höhere Frequenz vervielfacht, z. B.  $f_1$  auf die vierfache und  $f_2$  auf die dreifache Frequenz, so erhält man zweimal die Frequenz  $f_{v1} = 24 f_0$  und  $f_{v2} = 12 f_0$ . Die Frequenzen  $f_{v1}$  und  $f_{v2}$  können nun innerhalb des Bordgerätes (in einer Phasenbrücke) genau so interferieren, als wären sie frei im Raum vorhanden (Bild 3).

Mit diesem Kunstgriff kann man also auch im Langwellenbereich Genauigkeiten erzielen, die man früher bei wesentlich kürzeren Wellen für möglich gehalten hat. Allerdings müssen die oben angeführten Bedingungen erfüllt sein. Die beiden Sendefrequenzen müssen also durch Frequenzvervielfachung aus einer gemeinsamen Grundfrequenz abgeleitet werden.

Bei diesem „Zwei-Frequenz-System“ erhält man also über einem „Ein-Frequenz-System“, wie es z. B. die „Erika“ der DVL darstellte, noch einen weiteren Vorteil:

**Die Eindeutigkeit des Richtungssinnes**

Das Ein-Frequenz-System liefert an jedem Punkt des Raumes Feldstärken einer einzigen Frequenz. Ihre Amplituden sind von Punkt zu Punkt verschieden. Schreitet man von einem Minimum zum Nächsten fort, kann man auf Grund der empfangenen Feldstärke nicht unterscheiden, ob man das Hyperbelsystem im Uhrzeigersinn oder entgegengesetzt durchlaufen hat.

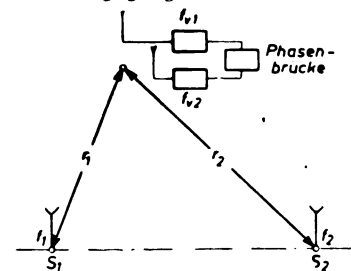


Bild 3. Zwei-Frequenz-System mit Frequenzvervielfachung im Empfänger.

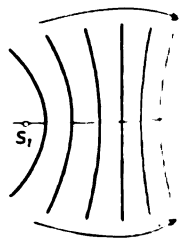


Bild 4. Drehhyperbeln zur Bestimmung des Richtungssinnes.

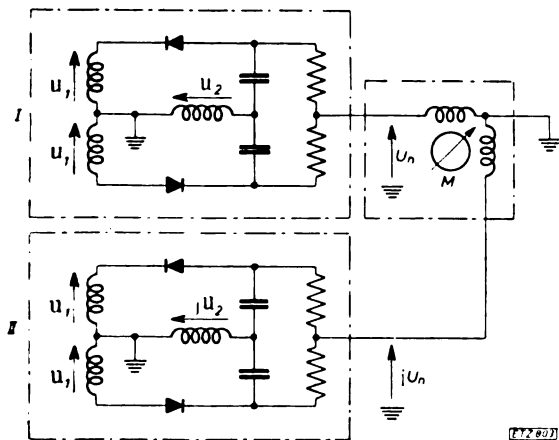
Um trotzdem zu einer eindeutigen Bestimmung des Richtungssinnes zu kommen, hatte man in Deutschland während des Krieges folgenden Kunstgriff angewandt: Man ließ die beiden Sender nicht mit genau der gleichen Frequenzen senden, sondern machte die beiden Sendefrequenzen unterschieden und konstanten Betrag, z. B.  $f_{v1} = 50 f_0$  und  $f_{v2} = 25 f_0$ . Dann behalten die Hyperbeln ihre Lage, sie verschieben sich nicht mehr bei, sondern verschieben sich mit der Geschwindigkeit. Auf der einen Seite von der Vertikalachse der beiden Sender drehen sich ihre Asymptoten

im Uhrzeigersinne, auf der anderen Seite entgegengesetzt (Bild 4). Die Hyperbeln quellen gleichsam aus dem Sender mit der höheren Frequenz heraus und versinken im Sender mit der niedrigeren Frequenz. Bei einer Frequenzdifferenz von 50 Hz wandert jede Hyperbel in 1/50 s um eine Hyperbelbreite weiter. Steht der Empfänger an einem Punkte des Raumes still, so streichen die Hyperbeln über ihn hinweg. Er empfängt mit einer Periode von 1/50 s abwechselnd Maxima und Minima, liefert also nach Gleichrichtung der Hochfrequenz einen Wechselstrom von  $f_n = f_{n0} = 50$  Hz. Bewegt sich der Empfänger entgegen dem Drehsinn der Hyperbeln, so wird die Frequenz  $f_n$  dieses Wechselstromes höher, im anderen Falle niedriger. Durch einen Hilfssender wurde die Frequenzdifferenz der beiden Hyperbelsender ( $f_{n0} = 50$  Hz) auf einer anderen Wellenlänge zum Empfangsort übertragen. Im Fahrzeug benötigte man jetzt zwei Empfänger: der eine war auf die Wellenlänge der beiden Hyperbelsender abgestimmt (der geringe Frequenzunterschied zwischen diesen beiden Sendern macht sich abstimmungsmäßig nicht bemerkbar) und lieferte  $f_n$ ; der andere empfing den Hilfssender und lieferte  $f_{n0}$ . Jede Frequenz trieb je einen kleinen Synchroantrieb an, die beiden Motoren drehten über ein Differentialgetriebe einen Zeiger. Bei ruhendem Fahrzeug stand der Zeiger still. Bei beliebiger Bewegung des Fahrzeuges drehte sich der Zeiger vorwärts bzw. rückwärts, je nachdem sich das Fahrzeug im Uhrzeigersinne oder entgegengesetzt um die Hyperbelsender bewegte. Wurde am Start der Zeiger richtig eingestellt, so gab er während des Fluges unmittelbar die Hyperbelkoordinaten an, auf der das Flugzeug befand.

Beim Zwei-Frequenz-System, z. B. beim Erika-System, ist eine Bestimmung des Richtungssinnes mit ruhenden Hyperbeln nicht nötig. Hier erhält man im Empfänger hinter der Vervielfachung die Hochfrequenzspannungen der Frequenzen  $f_{v1}$  und  $f_{v2}$ , die man, obwohl diese Frequenzen gleich groß sind, den beiden Sendern  $S_1$  und  $S_2$  eindeutig zuordnen kann, da sie aus zwei verschiedenen genant empfängenen Sendefrequenzen abgeleitet sind. Sie enthalten in ihren Phasen ein Maß für die Abstände von den Sendern. Die Phasenverschiebung zwischen diesen beiden Spannungen ist ein Maß für die Stellung des Empfängers im Hyperbelsystem. Je nach der Bewegung des Empfängers oder entgegen dem Uhrzeigersinne) wächst die Phasenverschiebung oder nimmt ab.

**Die Phasenbrücke**

Es besteht nun die Aufgabe, die Phasenverschiebung zwischen den beiden Schwingungen  $f_{v1}$  und  $f_{v2}$  zu bestimmen, wobei zu beachten ist, daß sich im allgemeinen infolge der Bewegung des Fahrzeuges der Wert dieser Phasenverschiebung ständig ändert, so daß also ein periodischer Vorgang der Frequenz  $f_n$  entsteht. Zur Messung dieser Phasenverschiebung dient die Phasenbrücke, ein in der Nachrichtentechnik auch an anderer Stelle vielfach verwendetes Bauelement (Bild 5).



$U_1$  ist von der Frequenz des Senders  $S_1$  abgeleitet  
 $U_2$  ist von der Frequenz des Senders  $S_2$  abgeleitet  
 Bild 5. Doppelte Phasenmeßbrücke (I und II) und Meßinstrument (M).

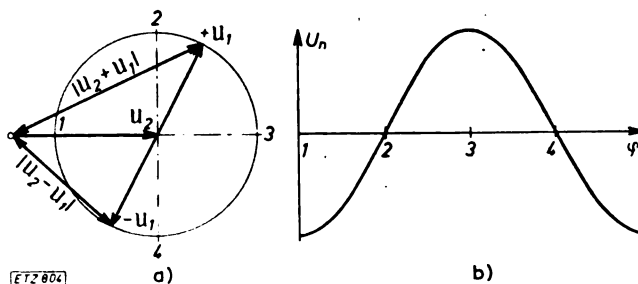


Bild 6. Prinzip der Phasenmeßbrücke.

Die in diesem Bilde dargestellte Schaltung besteht aus zwei völlig gleich gebauten Phasenmeßbrücken I und II und aus dem Meßinstrument M. An den beiden um  $90^\circ$  räumlich versetzten Spulen dieses Instrumentes liegen die Niederfrequenzspannung  $U_n$  und die gegen diese um  $90^\circ$  zeitlich verschobene Spannung  $jU_n$ . Die in den Spulen fließenden Ströme erzeugen bei periodischer Änderung ein Drehfeld, in dem sich der mit dem Zeiger verbundene Anker des Meßinstrumentes mit einer der Frequenz  $f_n$  entsprechenden Drehzahl dreht.

Die beiden Phasenbrücken I und II sind also nur nötig, um im Instrument M eine sinnfällige Anzeige der Phasenverschiebung zu erzeugen. Jede der Spannungen  $U_n$  und  $jU_n$  ergibt schon für sich allein ein Maß für die Phasenverschiebung.

Die niederfrequente (oder bei ruhendem Fahrzeug konstante) Spannung  $U_n$  entsteht in der Phasenbrücke I folgendermaßen: Im oberen Teil dieser Brücke liegt  $U_1 + U_2$  am Gleichrichter, im unteren Teil  $U_1 - U_2$ . Die Spannung  $U_1$  sei von der Frequenz des Senders  $S_1$ ,  $U_2$  von der Frequenz des Senders  $S_2$  abgeleitet. Unter der Voraussetzung, daß der Widerstand der Koppelspulen für den gleichgerichteten Strom vernachlässigt werden kann, und unter der Voraussetzung idealer Gleichrichtung, werden die beiden Kondensatoren im eingeschwingenen Zustand auf die Spannungen  $|U_1 + U_2|$  bzw.  $|U_1 - U_2|$  aufgeladen. Solange der durch das Meßinstrument fließende Strom zu vernachlässigen ist, wird:

$$U_n = \frac{1}{2} \{ |U_1 + U_2| + |U_1 - U_2| \}.$$

Um die Belastung durch das Instrument hinreichend klein zu halten, ist in der praktischen Ausführung zwischen den Phasenbrücken und dem Instrument je eine Verstärkerstufe zwischengeschaltet, die in Bild 5 weggelassen wurde, um die Schaltung übersichtlicher zu machen.

Ändert  $U_2$  gegenüber  $U_1$  seine Phase (z. B. infolge der Bewegung des Fahrzeuges), so ergibt sich die in Bild 6 a dargestellte Änderung von  $|U_1 + U_2|$  und  $|U_1 - U_2|$ . Die daraus entstehende Abhängigkeit zwischen  $U_n$  und der Phasenverschiebung  $\varphi$  ist in Bild 6 b dargestellt.

In der Phasenmeßbrücke II spielt sich derselbe Vorgang ab, nur ist der zeitliche Ablauf wegen der Phasenverschiebung von  $jU_2$  um eine Viertelperiode von  $f_n$  verschoben.

Alle Orte, an denen die Phasenverschiebung zwischen  $f_{v1}$  und  $f_{v2}$  gleich groß ist, an denen also das Instrument M einen bestimmten Wert anzeigt, liegen auf Hyperbeln. Während aber beim Ein-Frequenz-System (Erika) diese Hyperbeln als Interferenzlinien wirklich vorhanden sind, sind sie beim Zwei-Frequenz-System nur gedachte Linien. Sie entsprechen den Interferenzlinien eines Ein-Frequenz-Systems mit der Frequenz  $f_v = f_{v1} = f_{v2}$ . Der Abstand dieser gedachten Linien auf der Verbindungslinie  $S_1S_2$  ist  $v/2f_v$ . Da die Phasengeschwindigkeit  $v$  auf der Erdoberfläche etwas kleiner als die Lichtgeschwindigkeit ist, wird er etwas kleiner als die halbe Wellenlänge im freien Raum. Für  $f_v = 340\,000$  Hz wird der Abstand zwischen zwei dieser gedachten Hyperbeln etwa 440 m. Diese Strecke entspricht einer Drehung des Meßzeigers um  $360^\circ$ , so daß man also auf der Verbindungslinie der beiden Sender eine Ortungsgenauigkeit von 1,2 m je  $1^\circ$  Instrumentenanzeige erhielt. Die tat-



sächlich erreichbare Ortungsgenauigkeit ist naturgemäß kleiner, bewegt sich aber unter den obigen Annahmen auf der Verbindungsgeraden der beiden Sender immer noch in der Größenordnung von wenigen Metern. Diese Genauigkeit kann für Spezialaufgaben in der Schifffahrt und für Vermessungsaufgaben erwünscht sein. Wird sie nicht verlangt, z. B. in der Luftfahrt, wo sie wegen der großen Geschwindigkeit praktisch nicht ausnutzbar wäre, so bereitet es keine Schwierigkeit, sie durch Wahl einer niedrigeren Vergleichsfrequenz im Empfänger oder durch Untersetzung der Zeigerdrehung zu verringern. Die Sendeanlage bleibt dabei unverändert. Diese Anpassungsfähigkeit an beliebige Genauigkeitsforderungen ist ein Hauptvorteil des Decca-Verfahrens.

Ist der Abstand der beiden Sender 220 km (dieser Abstand ist für Deutschland vorgesehen), so erhält man 500 Hyperbeln. Die feine Unterteilung des Navigationsraumes gestattet, an Bord Geräte anzuwenden, die auch ohne besondere Präzisionsmessung der Phase noch in einer Entfernung von 400 km die sehr hohe Ortungsgenauigkeit von etwa 200 m ergeben.

Diese große Ortungsgenauigkeit ist allerdings zunächst mit einer Mehrdeutigkeit verbunden, wenn man nicht, von einem bekannten Orte ausgehend, die Umdrehungen des Meßzeigers zählen will. Auf der Verbindungslinie  $S_1S_2$  zeigt das Meßinstrument alle 440 m denselben Wert. Um diese Mehrdeutigkeit auszuschalten, muß mit der beschriebenen Feinortung noch eine Grobortung verbunden werden.

**Die Grobortung**

Auch bei dem System der DVL (Erika) bestand die Notwendigkeit, ein zusätzliches Grobortungssystem einzuführen. Dort hatte man sich so geholfen, daß man außer den beiden Feinortungssendern  $S_1$  und  $S_2$  zwei zusätzliche Grobortungssender  $S_3$  und  $S_4$  in kleinerem Abstand voneinander aufstellte, die eine andere Wellenlänge, z. B. 6 m, sendeten. Macht man den Abstand  $S_3S_4 = 30$  m, so erhält man 10 Grobortungshyperbeln, also 80mal weniger als beim Feinortungssystem ( $S_1S_2 = 2$  km,  $\lambda = 5$  m). Im übrigen arbeitete das Grobortungssystem genau wie das Feinortungssystem. Der Ort des Fahrzeuges war an der Zeigerstellung des Grobortungsinstrumentes ablesbar. Seine Anzeige wiederholte sich in 400 km Entfernung nur alle 115 km, und es war angenommen worden, daß Verwechslungen dieser Größenordnung auf Grund anderer Navigationshilfen auszuschließen seien. Die Anzeigegenauigkeit des Grobortungsinstrumentes muß größer sein als  $4,5^\circ$ , wenn es eine eindeutige Bestimmung der Feinortungshyperbeln zulassen soll.

Beim Decca-System wird das Grobortungssystem nicht dadurch erzielt, daß der Abstand zwischen den Grobortungssendern verringert wird, sondern dadurch, daß man die Wellenlänge entsprechend vergrößert. Bei einem Senderabstand von 220 km (siehe weiter oben) benötigt man allerdings Wellenlängen in der Größenordnung von  $\lambda \approx 22$  km. Dann erhält man etwa 20 Grobortungshyperbeln, d. h. 24 Feinortungshyperbeln liegen zwischen je zwei Grobortungshyperbeln. Schon bei einer Ablesegenauigkeit von  $360^\circ : 24 = 15^\circ$  in der Grobortung sind die Feinortungshyperbeln eindeutig zu identifizieren. Wie soll man aber die der Wellenlänge von  $\lambda \approx 22$  km entsprechende, für eine drahtlose Übertragung verhältnismäßig niedrige Frequenz von Boden zu Bord übertragen? Hier hilft wieder der Gedanke, daß es gar nicht nötig ist, diese Frequenz unmittelbar auszusenden, d. h. die Grobortungshyperbeln im Raume zu erzeugen, daß es vielmehr genügt, die dieser Wellenlänge entsprechende Frequenz von  $f_0 = 14\ 166$  Hz im Empfänger zu erzeugen. Dieser Vorgang entspricht der Bildung der Frequenz von  $24 f_0 = 340\ 000$  Hz durch Vervielfachung bei der Feinortung.

Weiter oben war für den Sender  $S_1$  die Frequenz  $f_1 = 6 f_0 = 6 \cdot 14\ 166$  Hz, für  $S_2$  die Frequenz  $f_2 = 8 f_0 = 8 \cdot 14\ 166$  Hz angenommen worden. Läßt man nun am Ort des Senders  $S_1$  noch einen dritten Sender  $S_1'$  mit der Frequenz  $f_1' = 5 \cdot 14\ 166$  Hz und am Orte des Senders  $S_2$  einen vierten Sender  $S_2'$  mit der Frequenz  $f_2' = 9 \cdot 14\ 166$  Hz senden, so erhält man im Empfänger nach Mischung und Gleichrichtung der von einem Sendeort ausgehenden Frequenzen die Differenzfrequenzen:

Für  $S_1$  und  $S_1'$  .....  $f_1 - f_1' = 14\ 166$  Hz.  
 Für  $S_2$  und  $S_2'$  .....  $f_2 - f_2' = 14\ 166$  Hz.

Genau wie durch die Vervielfachung bei der Feinortung erhält man also auch bei der Grobortung zweimal dieselbe Frequenz, wobei die Phase der einen/der Entfernung des Empfängers von  $S_1$ , die Phase der anderen der Entfernung von  $S_2$  entspricht. Durch einen Phasenvergleich in einer Phasenbrücke erhält man eine Instrumentenanzeige, wobei eine volle Umdrehung des Zeigers dem Abstand zweier Grobortungshyperbeln entspricht. Bezogen auf das obige Beispiel ist dieser auf der Verbindungsgeraden der beiden Sender etwa  $\lambda/2 = 11$  km, in einem Abstand von 400 km von der Senderbasis etwa 60 km. Auch hier wird wieder vorausgesetzt, daß der Ort des Fahrzeuges auf Grund der vorbenutzten Navigationsmittel beim Eintreten in das Decca-System so genau bekannt ist, daß eine Verwechslung der Grobortungshyperbeln ausgeschlossen ist. Unter dieser Voraussetzung ist die Standlinie des Fahrzeuges über Grobortung und Feinortung auf einige Meter genau bestimmt.

**Ortsbestimmung und Frequenzaufwand**

Zur Ortsbestimmung braucht man den Schnittpunkt zweier Standlinien (s. Bild 2), also zwei vollständige Hyperbelsysteme, jedes bestehend aus Grob- und Feinortungssystem. Beim DVL-Verfahren Erika bedeutet dies je ein Ultrakurzwellen- und eine für alle Systeme gemeinsame Mittelwellenstation. Bei der Decca-Verfahren hat man zur Übertragung der für die Hyperbelbildung maßgebenden Frequenz  $f_{n0}$ , also insgesamt 5 Frequenzen. Benutzt man die gleichen Frequenzen für beide Systeme, braucht man zwei Frequenzen, was allerdings nur möglich ist, wenn von beiden Systemen abwechselnd gesendet wird, und der Synchronismus in der Umschaltung an Bord und am Boden sichergestellt ist.

Beim Decca-Verfahren hat es zunächst den Anschein, als benötigte man für jedes System 2 Frequenzen ( $f_1$  und  $f_2$ ) zur Feinortung und zusätzlich 2 Frequenzen ( $f_1'$  und  $f_2'$ ) zur Grobortung, also insgesamt für zwei Systeme 8 Frequenzen, für drei Systeme 12 Frequenzen.

Durch abwechselnden Einsatz der Wellen an verschiedenen Sendeorten läßt sich aber die Anzahl der benötigten Sendefrequenzen erheblich verkleinern. Dieses Ergebnis fällt vor allem dann ins Gewicht, wenn man nicht zwei, sondern drei vollständige Hyperbelsysteme verwendet. Eine derartige Anordnung wird, dem englischen Sprachgebrauch folgend, als „Kette“ bezeichnet. Sie ist zweckmäßig, weil dadurch das Gebiet großer Ortungsgenauigkeit erheblich erweitert wird. Die drei Senderpaare werden angeordnet, daß ihre Verbindungsgeraden Winkel von



Bild 7. Das Navigationsgebiet der bestehenden oder zu errichtenden Decca-Ketten.

20° einschließen (Bild 7), und drei dieser Sender im Punkte D zusammenfallen. Für jedes Drittel des ganzen Navigationsraumes ergeben sich bei Benutzung der jeweils benachbarten Hyperbelsysteme auch in größerer Entfernung noch günstige Schnittwinkel zwischen den Hyperbeln. Die im Punkte D räumlich zusammenfallenden drei Sender vereinigt man auch frequenzmäßig zu einem einzigen Sender mit der Frequenz  $f_1$ . Ordnet man den drei anderen Orten A, B und C die Frequenzen  $f_2$ ,  $f_3$  und  $f_4$  zu, so erhält man insgesamt drei Feinortungssysteme. Alle diese Frequenzen müssen Vielfache einer Grundfrequenz (z. B. 14166 Hz) sein, also z. B.  $f_1 = 6 \cdot 14166 = 85\ 000$  Hz,  $f_2 = 8 \cdot 14166 = 113\ 333$  Hz,  $f_3 = 9 \cdot 14166 = 127\ 500$  Hz und  $f_4 = 5 \cdot 14166 = 70\ 833$  Hz. Um die exakten Beziehungen zwischen diesen Frequenzen exakt aufrecht zu erhalten, wird die Frequenz  $f_1$  der Sendeanlage D, des „Muttersenders“, am Orte der Sendeanlage A, B und C, der „Tochtersender“, empfangen, auf 14166 Hz geteilt und auf die jeweilige Sendefrequenz ( $f_2$ ,  $f_3$  und  $f_4$ ) vervielfacht. Auf diese Weise kann der phasenmäßige Gleichlauf der vier Sender mit großer Genauigkeit aufrecht erhalten werden. In Deutschland wird der Muttersender bei Madfeld bei Brilon in Sauerland aufgestellt, die Tochtersender bei Stadtkyll in der Eifel, Coburg in Bayern und Zeven, halbwegs zwischen Hamburg und Bremen (Bild 7). An Bord werden die vier Frequenzen ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  und  $f_4$ ) mit einer einzigen Antenne empfangen und z. B. gemäß Tafel 1 vervielfacht.

Tafel 1.

$4 f_1 = 24 \cdot 14166 = 340\ 000$ Hz	$3 f_1 = 18 \cdot 14166 = 255\ 000$ Hz
$3 f_1 = 24 \cdot 14166 = 340\ 000$ Hz	$2 f_1 = 18 \cdot 14166 = 255\ 000$ Hz
$5 f_1 = 30 \cdot 14166 = 425\ 000$ Hz	
$6 f_1 = 30 \cdot 14166 = 425\ 000$ Hz	

Die paarweise entstehenden Frequenzen werden phasenmäßig verglichen. Diese Ergebnisse können auf entsprechenden Feinortungsinstrumenten abgelesen werden.

Zur Grobortung werden überhaupt keine zusätzlichen Frequenzen benötigt. Das Feinortungssystem wird nämlich kurzzeitig unterbrochen und während dieser Pausen wird jeweils ein von den Sendeanlagen A, B, C und D nach folgendem Schema gesendet:

<b>1. Pause</b>	<b>2. Pause</b>	<b>3. Pause</b>
Grobortung A mit D sendet $f_2$ und $f_3' = f_2$ sendet $f_1$ und $f_1' = f_1$	Grobortung B mit D B sendet $f_2$ und $f_2' = f_2$ D sendet $f_1$ und $f_1' = f_1$	Grobortung C mit D C sendet $f_3$ und $f_3$ D sendet $f_1$ und $f_1$

Die zusätzlich benötigten Frequenzen  $f_1'$ ,  $f_2'$ ,  $f_3'$  und  $f_4'$  werden den jeweils frei werdenden Frequenzen  $f_1$  bis  $f_4$  entnommen.

In allen drei Fällen ergibt sich im Empfänger paarweise eine Differenzfrequenz 14166 Hz, deren Phasenverschiebung auf zwei Grobortungsinstrumenten angezeigt wird. Insgesamt benötigt man also durch diese Umschaltung beim Decca-Verfahren für drei Feinortungs- und drei Grobortungssysteme nicht wie ursprünglich zu erwarten zwölf, sondern nur vier Frequenzen im Langwellenbereich. Da sie nicht moduliert sind, kann im Empfänger mit sehr schmaler Bandbreite gearbeitet werden. Er ist deshalb gegen atmosphärische Störungen sehr unempfindlich. Trotz verhältnismäßig einer Sendeleistung können deshalb große Reichweiten erzielt werden. Die durch die periodische Umschaltung in der Feinortung entstehenden kurzen Pausen (0,04 s) werden von den Instrumenten vermöge ihrer mechanischen Trägheit überbrückt. Die vergleichsweise lange Unterbrechung der Grobortung (etwa 1 min) stört bei langsam bewegten Fahrzeugen (Schiffen) nicht, da die in dieser Zeit entstehende Änderung der Grobortung klein bleibt. Bei Flugzeugen kann die Unterbrechung in der Grobortung dadurch überbrückt werden, daß der zugehörige Zeiger über ein Reibungsgeleite von dem Meßwerk des Feinortungsinstrumentes mitgenommen wird. In diesem Falle wird das Meßwerk für Grob- und Feinortung räumlich zu einem Instrument vereinigt.

Zur Ergänzung der Instrumente kann man für die Anzeige auch ein Schreibgerät benutzen, das den jeweiligen Ort des Fahrzeuges auf einer Karte selbsttätig einträgt (Bild 8). Auf ihr ist also der ganze zurückgelegte Weg ablesbar. Dies ist besonders an Bord von Flugzeugen vorteilhaft. Die durch

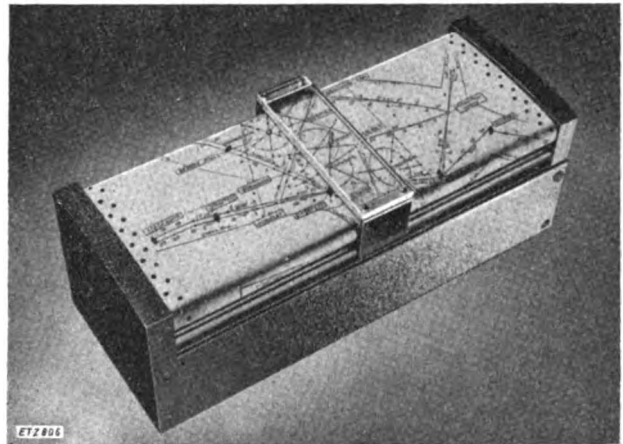


Bild 8. Das Schreibgerät der Decca-Bordanlage (Flight Log).

viele andere Aufgaben bereits stark belastete Besatzung wird durch ein derartiges sinnfälliges Navigationsinstrument wirkungsvoll unterstützt.

### Einfluß von Erdkrümmung und Flughöhe

Bei Verwendung von Ultrakurzwellen ist der auszunutzbare Navigationsraum eines Hyperbelsystemes nach unten durch jene flache Kegelfläche begrenzt, deren Scheitel im meist erhöhten Aufstellungspunkt der beiden Sender liegt, und die die Erdoberfläche im Horizont dieses Punktes berührt. Der gegenseitige Abstand der beiden Sender ist gegenüber der Reichweite zu vernachlässigen. Ihre Vergrößerung durch Beugung und Brechung über die optische Sicht hinaus braucht hier nicht beachtet zu werden.

Oberhalb der kegelförmigen Begrenzungsfläche liegen die Orte, für die der Laufzeitunterschied der von beiden Sendern ausgehenden Wellen konstant ist, auf Rotationshyperboloiden. Im Vorstehenden war von dieser räumlichen Darstellung abgesehen worden. Die Betrachtungen waren auf die im Senderort tangierende Ebene beschränkt worden, deren Schnitt mit den Rotationshyperboloiden die bisher besprochenen Hyperbeln ergibt. Ist die Flughöhe nicht mehr zu vernachlässigen, so ist der Ort des Flugzeuges, d. h. die Projektion des wahren Ortes auf die Erdoberfläche, tatsächlich ein anderer, als er durch die Hyperbeln angezeigt wird. Nur in der Symmetrieebene des Systems ist die Abweichung genau Null. Am größten wird sie in der Verbindungsgeraden des Senderpaares. Trotz der hohen Genauigkeit des Hyperbelverfahrens brauchen im allgemeinen aber keine Korrekturen angebracht zu werden. Denn bei der Landung ergibt sich diese Korrektur automatisch mit abnehmender Flughöhe, und um beim Flug in großen Höhen Kollisionen zu vermeiden, genügt es, wenn alle Flugzeuge in einem bestimmten Raum nach demselben Hyperbelsystem navigieren. Dann weichen in gleicher Höhe fliegende Flugzeuge um den gleichen kleinen Betrag vom Sollwert ab, so daß eine Kollisionsgefahr auch bei benachbarten Flugwegen ausgeschlossen ist. Nur wenn die Aufgabe bestünde, einen bestimmten geographischen Punkt in großer Höhe genau zu überfliegen, wären die den Rotationshyperboloiden entsprechenden Korrekturen gemäß der Flughöhe anzubringen. Diese Aufgabe liegt in der zivilen Luftfahrt nicht vor.

Ganz anders werden die Verhältnisse, wenn man an Stelle von Ultrakurzwellen Frequenzen benutzt, die erst nach ihrer Reflexion an der Ionosphäre empfangen werden. Dies war z. B. bei dem Loran-Verfahren der Fall. Infolge der Reflexion entspricht der gemessene Hyperbelwert etwa jenem Punkte, der senkrecht über dem Fahrzeuge in doppelter Ionosphärenhöhe (200 km) liegt. Hier müssen unabhängig von der Flughöhe Korrekturen angebracht werden, welche die veränderliche Ionosphärenhöhe und die Phasenänderung bei der Reflexion berücksichtigen. Derartige Verfahren eignen sich wohl nur für Sonderaufgaben. Es kommt hinzu, daß in dem Übergangsbereich, in dem Bodenwelle und Ionosphärenwelle vorhanden sind, jede von beiden verschiedene

Hyperbelwerte liefert. Zur eindeutigen Ortsbestimmung müssen deshalb beide Messungen mit Hilfe kurzer Impulse getrennt werden. Das Prinzip der Interferenzhyperbeln ist nicht mehr anwendbar.

Nur in einem beschränkten Sektor zu beiden Seiten der Symmetrieebene ist die Abweichung zwischen dem Wert der Ionosphärenwelle und dem der Bodenwelle so klein, daß auf Impulse verzichtet werden kann, vorausgesetzt, daß nicht durch Schräglage der Ionosphäre Fehler entstehen. Nach diesem Prinzip arbeitete während des Krieges in Deutschland das Weitstrecken-Navigationssystem der DVL „Komet“ (W. C r o n e und P. v. H a n d e l).

Beim Decca-Verfahren können infolge der Frequenzvervielfachung im Empfänger so lange Wellen verwendet werden, daß in dem gegebenen Navigationsbereich nur mit der Bodenwelle gerechnet zu werden braucht. Die Hyperbeln sind dabei durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Welle längs der Erdoberfläche bestimmt. Sie sind keinesfalls die Schnittlinien der bisher betrachteten Rotationshyperboloide mit der Erdoberfläche, sondern errechnen sich aus den Großkreis-Entfernungen zwischen dem Empfänger und den beiden Sendern. In großer Entfernung nähern sie sich den Großkreisen, die durch den Mittelpunkt zwischen beiden Sendern gehen. Diese „Bodenhyperbeln“ gehen erst in Höhen, die für bemannte Flugzeuge z. T. noch ohne Interesse sind, in die Rotationshyperboloide über, für die nicht mehr die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen an der Erdoberfläche, sondern die im leeren Raume maßgebend ist.

Ein bezüglich der Wellenlänge dem Decca-Verfahren ähnliches Hyperbelsystem (das durch E. K r a m a r bei der

C. Lorenz A.G. entwickelte Verfahren „Sonne“) war während des Krieges in Schleswig-Holstein in Betrieb. Mit dieser Anlage wurde über der Nordsee navigiert. Das Verfahren arbeitet mit drehenden Hyperbeln, doch dient die Drehung nicht zur Bestimmung des Richtungssinnes, sondern zur Unterteilung der verhältnismäßig groben Hyperbelschar (nur 5 Hyperbeln). Der Richtungssinn wird dadurch festgelegt, daß durch Umtastung zweier derartiger Hyperbelscharen im Rhythmus von Punkten oder Strichen Leitstrahlen gebildet werden. Befindet sich der Empfänger im Leitstrahl, so ergänzen sich Punkte und Striche zu einem Dauerstrahl. Die Sektoren zwischen den einzelnen Leitstrahlen sind wechselnd durch Punkte oder Striche gekennzeichnet. Das Bordgerät ist einfach, die Ortungsgenauigkeit dafür erheblich geringer. Eine neue „Sonne“ soll bei Emden entwickelt werden.

#### Zusammenfassung

Da beim Decca-System die für die Genauigkeit maßgebende Interferenzfrequenz erst im Empfänger entsteht, kann man von den sonst für die drahtlose Übertragung maßgebenden Einschränkungen frei und kann ein Wellenlänge wählen, das ausbreitungsmäßig am günstigsten und auch für die Schifffahrt brauchbar ist. Durch die geschickte Verbindung dreier Hyperbelsysteme kann in einem Raum größer als Deutschland mit Hilfe von nur vier Frequenzen ein Grob- und Feinsystem navigiert werden. Durch Aufsicht des Empfängers auf einen Koordinatenschreiber kann man den jeweiligen Ort des Fahrzeuges sowie den zurückgelegten Weg unmittelbar ablesen.

## 25 Jahre klanggetreue Schallübertragung

DK 57

Kürzlich fand anlässlich des 65. Geburtstages von Prof. Dr. Hermann B a c k h a u s im großen Hörsaal des neu wieder aufgebauten elektrotechnischen Instituts der T. H. Karlsruhe ein Experimentalvortrag von Prof. F. T r e n d e l e n b u r g, Freiburg/Br., unter dem Titel „25 Jahre klanggetreue Schallübertragung“ statt. Vor gerade 25 Jahren wurde nämlich zum ersten Mal eine größere Anlage mit tiefabgestimmten Lautsprechersystemen (Blatthallern) zur Einweihung des Deutschen Museums in München der Öffentlichkeit vorgeführt. Diese Arbeiten wurden damals vom Siemens-Forschungslaboratorium durchgeführt und Prof. Backhaus war an ihnen maßgeblich beteiligt.

Nach einer Vorführung der noch sehr wenig klanggetreuen Qualität einer verstärkerlosen Übertragung mit einer Original-Kohlemikrophongruppe, die 1914 zu einer Übertragung aus der Berliner Oper ins kaiserliche Schloß gedient hatte, und einer Trichterlautsprecher-Wiedergabe mit Elektronenröhrenverstärkern etwa aus dem Jahre 1923 ging Prof. Trendelenburg auf die Arbeiten von Riegger ein, der kurz vor Rice-Kellogg den tiefabgestimmten trichterlosen Lautsprecher theoretisch und praktisch entwickelt hatte. Zusammen mit dem Riegerschen Kondensatormikrophon ermöglichte der Blatthalter erstmalig eine Schallübertragung, die man damals mit einigem Recht bereits als klanggetreu bezeichnen konnte.

In der Folgezeit machte die klanggetreue Schallübertragung weitere Fortschritte. Die Verdienste von Prof. Backhaus liegen dabei vor allem in der Untersuchung der Ausgleichsvorgänge, der Klärung der Richtwirkung von Schallstrahlern und der Klangfarbenforschung insbesondere von Streichinstrumenten. So gelang Prof. Backhaus z. B. die Entdeckung, daß die Geigen erst im mittleren Frequenzgebiet als Nullstrahler wirken; für den sogenannten Wolfston konnte er eine exakte Erklärung geben. Ferner wurde durch

Backhaus wohl erstmalig auf die günstigste Mikrophoneinstellung aufmerksam gemacht.

Die damaligen deutschen akustischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die unter anderem mit den Namen Backhaus, Gerlach, M. Grützmaier, Meyer, Riegger, Schottky, Stumpf, Trendelenburg und K. W. Wagner verknüpft sind, haben dann später auch auf anderen Gebieten, z. B. bei Wiedergabe des Tonfilms in Deutschland, günstig bemerkbar gemacht.

Manche persönliche Erinnerung aus den Anfängen Elektroakustik und die Schilderung des damaligen Aufbaus für eine größere Schallübertragung, — etwa 2 Gürtigen voll Material mit besonderen Hochspannungsmessungen für die Anodenspannungen und umfangreichen Akkumulatorbatterien — belebten den Vortrag.

Der letzte Stand der Schallübertragung wurde durch stereophone Wiedergabe demonstriert. Ein 2kanaliges Magnetophon gab zusammen mit hochwertigen Siebkondensatorkernen und zwei Klangfilm-Eurodyn-Lautsprecherkationen überzeugend den Eindruck eines natürlichen Sprechers. Besonders eindrucksvoll war die Wiedergabe eines Klavierstückes auf zwei Klavieren.

Der Vortrag schloß mit einer Mahnung an die Staatliche Kommission für die Förderung der Forschung verantwortlich zu sein. Das Ausland hat nach dem Kriege für viele deutsche Wissenschaftler noch Interesse gezeigt. Das hat vor allem auf deutschen wissenschaftlichen Leistungen gelegen. Wenn diese noch mehr zurückgehen, wird auch das allgemeine Interesse des Auslandes an uns geringer werden.

An den von vielen auch auswärtigen Fachkollegen, Rufskollegen und Freunden des Jubilars gut besuchtem Vortrag schloß sich dann noch eine kleine Feier im Saal des Deutschen Museums an.

F. S p a n n

## Vakuum- und Gasgleichrichter\*

Von A. Güntherschulze, München

DK 621.314.6

Gleichrichter entwickeln sich, erreichen ihre Vollendung und sterben wieder ab, wie lebende Wesen. Die ideale Lösung des Gleichrichterproblems ist die Grenze zwischen Leitern, die in der einen Richtung den Strom verlustlos passieren läßt, in der anderen ihn ebenso verlustlos sperrt, der in der einen Richtung den Übergangswiderstand null, in der anderen unendlich hat. Die Grenze zwischen einem festen Leiter und dem Vakuum oder unterhalb einer kritischen Spannung auch einem Gas verhält sich praktisch so, wie die Grenze zwischen einem Vakuum und einem Gas. Die Elektronen können ohne Energieverluste in den festen Leiter hinein, aber nicht aus ihm heraus. Der Kummer ist nur, daß sie weder im Vakuum, noch im Gas ohne weiteres vorhanden sind, sondern erst hineingebracht oder in Freiheit gesetzt werden müssen. Während also das eigentliche Ventil einerlei Sorge macht, bereiten die Hilfsmittel seiner Nutzarmachung desto mehr.

Diese Mittel sind: Glühkathode für beide Fälle und im Gas außerdem der Lichtbogen. Der Zwang, Elektronen im Gas in Freiheit zu setzen, führt dann wiederum zu Störungen am Ventil, das jetzt unter der Wirkung der mit den Elektronen zugleich erzeugten Posionen nicht mehr unbedingt bis zu hohen Spannungen sperrt.

Ich möchte im folgenden zeigen, was auf diesem Gebiete erreicht ist, wo Entwicklung, Vollendung, Absterben zu finden sind, wobei das Gebiet auf Ströme von 1 ... 10 000 A und Spannungen von 100 ... 400 000 V begrenzt sein möge.

### I. Die Hochvakuum-Glühkathoden-Gleichrichter

Ihre Entwicklung ist im Wesentlichen abgeschlossen. Ihr Gebiet sind kleine Ströme bei hohen Spannungen bis 400 kV. Die Neuerung stammt aus Amerika. Bisher mußte oberhalb von 5000 V reiner Wolframdraht mit großem Heizungsaufwand verwendet werden, da es nicht möglich war, das Vakuum so hoch zu treiben, daß nicht mehr Posionen gebildet würden, die die aktiven Überzüge wegtrommelten. Der unlee Corporation<sup>1</sup> ist es gelungen, thorierte Wolframfäden bis 110 kV bei 250 mA brauchbar zu machen, die 30 ... 40 A/W Heizleistung liefern. Ihre Lebensdauer beträgt dabei 1000 h. Erreicht wurde dieser Fortschritt erstens durch eine energische Getterverwendung, daß der Verlust der Emission durch Posionenbombardement völlig unterbleibt, zweitens dadurch, daß die Röhren nach dem Evakuieren zunächst bis 150 kV hochgebrannt werden, wobei die letzten Gasreste abgebaut werden und dann erst durch Karbonisieren und Aktivieren die emittierende Th-Schicht auf die Oberfläche gebracht wird.

Die geringen Stromstärken der Hochvakuum-Glühkathoden-Gleichrichter sind durch die Raumladungsgleichung begrenzt, die für ebene Elektroden lautet

$$j = \frac{2,33 \cdot 10^{-6} U^{3/2}}{d^2} \quad [\text{A/cm}^2],$$

wobei  $j$  die Stromdichte,  $U$  die Spannung in V und  $d$  der Elektrodenabstand in cm ist.

Wäre es möglich, eine zylindrische indirekt geheizte Glühkathode in 0,2 mm Abstand mit einer von außen gekühlten konzentrischen Anode zu umhüllen, so wäre nach der Raumladungsgleichung der Spannungsverlust in der Flußrichtung bei 0,5 A/cm<sup>2</sup> nur 20 V, wobei wegen des so geringen Abstandes das Vakuum nicht einmal extrem hoch zu sein bräuchte, während hohe Spannungen gleichgerichtet werden könnten. Doch ist dieser Weg meines Wissens noch nicht versucht worden.

\* Diese Arbeit schließt unsere Aufsatzreihe über Gleichrichter ab, die im vorigen Jahrgang auf S. 414 begonnen und auf S. 297 (Heft 10) dieses Jahrgangs fortgesetzt wurde. Die Schriftleitung

<sup>1</sup> z. B. A. T. Lee: Electr. Engng. 68 (1949) S. 863.

### II. Gasentladungsventile

Hier gibt es 3 Wege der Elektronenbeschaffung im Gas.

1. Die Entladung schafft sich die benötigten Elektronen selbst durch eine Glimmentladung.
2. Die Elektronen werden durch die Kathode eines Lichtbogens geliefert.
3. Wie im Hochvakuum entstammen sie einer Glühkathode. Der Zweck der Gasfüllung ist die Beseitigung der Raumladung. Dazu brauchen die Elektronen nur soweit zu ionisieren, daß von 100 Elektronen eins ein Posion erzeugt.

#### 1. Die Glimmentladung und die Glimmentladungsgleichrichter

Wenn auch die Glimmentladungsgleichrichter schon in ihrer Jugend gestorben sind und auch bei bester Pflege, die sie nicht erhalten haben, nicht am Leben geblieben wären, so muß ich doch auf die Gesetze der Glimmentladung kurz eingehen, erstens weil es gelegentlich auch bei den Gleichrichtern eine Auferstehung gibt, wie der als Kontaktumformer auferstehende Pendelgleichrichter am besten beweist, zweitens aber vor allem, weil ihre Kenntnis für das Verständnis der Glühkathoden- und Lichtbogen-Gleichrichter unbedingt erforderlich ist.

Wählen wir als festen Punkt einen Gasdruck von einem Torr, so sind die Kennzeichen der Glimmentladung:

- a) Eine Raumladungszone vor der Kathode von der durchschnittlichen Dicke  $d = 1$  cm.
- b) An dieser Zone eine Spannung  $U_k$  von im Mittel 200 V.
- c) Eine sich aus  $d$  und  $U_k$  nach der hier angenähert geltenden Raumladungsgleichung ergebende Stromdichte  $j$  von etwa 6 mA/cm<sup>2</sup>.

Ist die Kathodenfläche größer, als dieser Stromdichte entspricht, so ist sie nur teilweise bedeckt und die drei Werte heißen normal. Weiter ist  $d$  der Ablösearbeit der Elektronen von der Kathodenoberfläche proportional. Das Gleiche gilt bei gegebenem Gas für  $U_k$ . Außerdem hängt  $U_k$  von der Gasart ab und ist in Edelgasen am kleinsten.  $j$  steigt mit dem Quadrat des Druckes oder richtiger der Gasdichte. Das würde auf Atmosphärendruck extrapoliert, wenn die Temperatur konstant gehalten werden könnte, schon bei normalen Kathodenfall etwa 3000 A/cm<sup>2</sup> und in Verbindung mit 200 V, 600 kW/cm<sup>2</sup> ergeben, die fast völlig an die Kathode abgegeben würden. Das ist der Grund, weshalb die Glimmentladung schon bei viel geringeren Drucken momentan in den Lichtbogen umschlägt.

Wird die Stromdichte über den Betrag vergrößert, den die Kathodenoberfläche für die normale Entladung zuläßt, so steigt  $U_k$ , während  $d$  abnimmt. Die Entladung heißt jetzt anomal. Ein Raum von mindestens 1,5  $d$  Dicke ist über der Kathode unbedingt erforderlich. Ohne ihn ist eine Glimmentladung unmöglich. Im anomalen Gebiet steigt  $j$  etwa mit der dritten Potenz von  $U_k$  an. Auch hier erfolgt bei einer bestimmten Energieaufnahme der Umschlag in den Lichtbogen. Da dieser eine fallende Charakteristik hat, also wie ein Kurzschluß wirkt, ist dieser Umschlag für einen Gleichrichter verhängnisvoll. Denn die Glimmentladung tritt im Gleichrichter während der Sperrichtung am Ventil selbst auf, sofern die Spannung den normalen Kathodenfall übertrifft.

Offenbar ist die Gefahr dieses Umschlages um so größer, a) je größer die durch die aufprallenden Posionen auf die Kathode übertragene Energie, also je größer entweder die Stromdichte oder die Spannung ist; b) je emissionsfähiger die Kathodenoberfläche ist.

Dieser gefürchtete Umschlag heißt bei den Gleichrichtern „Rückzündung“. Aus dem Vorstehenden folgt das erste Rezept zu ihrer Vermeidung: Die Gasdichte vor dem Ventil muß um so geringer sein, je größer die gleichzurichtende Spannung ist. Das führt bei hohen Spannungen zu sehr geringen Gasdrucken. Zweitens muß ein Ventilmaterial mit hoher

Ablösearbeit verwendet werden und da es bei der Emission auf die oberste Atomlage ankommt, ist äußerste Reinheit der Ventiloberfläche unbedingt erforderlich. Eine Berührung mit der Hand macht die Oberfläche für höhere Spannungen bereits unbrauchbar. Ein drittes Rezept werden wir bei den Glühkathodengleichrichtern kennen lernen.

Die verschiedenen Variablen der Glimmentladung scheinen eine Fülle von Gleichrichtungsmöglichkeiten zu bieten. Da die Stromstärke der Oberfläche proportional ist, kann man eine sehr große mit einer sehr kleinen Elektrode kombinieren. Oder zwei Elektroden mit verschiedener Ablösearbeit. Dabei könnte man einen solchen Elektrodenabstand wählen, daß er für die Kathode mit niedriger Ablösearbeit genügt, für die andere nicht, so daß für diese Stromrichtung überhaupt kein Strom möglich wäre. Es ist sogar der originelle Gedanke ausprobiert worden, mit Hilfe von verdampfendem und sich an einer Kühlfläche wieder kondensierende Quecksilber vor der einen Elektrode dauernd einen großen und vor der anderen einen sehr geringen Dampfdruck aufrecht zu erhalten.

Und doch haben alle diese so aussichtsreich erscheinenden Verfahren Mängel, die keinen Wettbewerb mit besseren Gleichrichtertypen zulassen.

## 2. Gasgefüllte Gleichrichter

Da die beiden Typen, die Glühkathoden- und die Lichtbogen-Gleichrichter, die drei Teile: Gasstrecke, Gitter, Anode gemeinsam haben, seien diese vorweg behandelt.

a) Die Gasstrecke. — Zur Beseitigung der Raumladung muß, wie gesagt, von etwa 100 Elektronen eins ionisieren. Die dazu erforderliche Energie ist:

In Argon	15,7 eV bei geringer Stromdichte
" "	11,5 eV bei großer "
In Hg-Dampf	10,8 eV
In Cs-Dampf	3,87 eV.

Auch die Elektronen, die nicht die Ionisierungsenergie erreichen, erleiden auf ihrem Wege durch das Gas Energieverluste durch Zusammenstöße mit den Gasatomen. Daraus folgt: Geringer Gasdruck (aber nicht so gering, daß nicht die für die Ionisation erforderliche Zahl von Zusammenstößen zustande kommt), geringster Abstand Kathode—Anode, möglichst hohes Atomgewicht des Gases, Fernhalten jeglicher fester Flächen vom Wege der Elektronen, da jede feste Fläche Elektronen und Posionen bindet und dadurch die Verluste vergrößert. Bei dem erwünschten geringen Gasdruck ist jedoch die Schwierigkeit zu überwinden, daß die Gasentladung allmählich das Gas verzehrt.

Hier zeigt sich der große Vorteil des Hg-Dampfes. Wird ein Tropfen Hg in das Gefäß gebracht, so ist der bei Zimmertemperatur nur 0,001 Torr betragende Dampfdruck nur durch die Temperatur der kältesten Stelle des Gefäßes bedingt. Gleichzeitig ist das Atomgewicht des Quecksilbers 200. Noch günstiger verhält sich Cäsiumdampf. Jedoch muß bei seiner Verwendung das ganze Gefäß auf 180 °C erhitzt und eine cäsiumfeste Glassorte verwendet werden.

b) Die Anode (Das Ventil). — Sie führt den Namen Anode eigentlich zu Unrecht, denn genau während der Hälfte ihres Wirkens ist die Kathode und macht dann die viel größeren Sorgen. In der Flußrichtung wird sie dadurch stark erhitzt, daß erstens die Elektronen mit einer Energie von einigen Volt auf sie aufprallen und zweitens dabei ihre Ablösearbeit an sie abgeben (etwa 4 eV). Daß die Anoden heiß werden, ist durchaus erwünscht, denn das verringert die Gasdichte vor ihnen, was in der Sperrrichtung wertvoll ist. Die Temperatur darf jedoch nicht so hoch werden, daß Rückzündung eintritt. Rotalut ist am günstigsten.

In der Sperrrichtung würde am Ventil lediglich die gewöhnliche anomale Glimmentladung auftreten, die bei den in der Regel angewandten sehr geringen Drücken völlig harmlos ist, wenn nicht vorher in der Flußrichtung der große Nutzstrom geflossen wäre. Dieser hat eine ungeheure Menge in Richtung Kathode strömende Posionen erzeugt. Kehrt sich die Stromrichtung um, so strömen sie auf die jetzt zur Kathode gewordenen Ventilanode zu und führen dort zu einer gefährlichen Elektronenemission, wenn es nicht gelingt, sie vorher zu beseitigen. Hier haben wir also ein unerfreuliches

Dilemma: Möglichst geringer Spannungsverlust in der Flußrichtung verlangt, daß möglichst keine Posionen aus der Entladungsbahn verschwinden, während die Rückzündungsgefahr durch möglichst energische Beseitigung der Posionen vor der Anode erreicht wird.

Nun verschwinden Posionen: 1. durch Wiedervereinigung mit den Elektronen im Gas. Dieser Vorgang ist fast zu vernachlässigen, 2. durch Haften an festen Oberflächen, 3. durch Wegblasen des Gases. Das kommt nur bei hohen Drücken in Frage.

Also bleibt nur übrig, Fangflächen unmittelbar vor den Anoden anzubringen, am besten in Gestalt von Gittern, die dadurch hervorgerufene Spannungserhöhung in der Flußrichtung in Kauf zu nehmen.

Diese Fangflächen können als Steuergitter ausgeführt werden, die eine verlustlose Herunterregelung der Stromstärke bis auf Null gestatten. Diese Gittersteuerung unterscheidet sich von der im Hochvakuum dadurch, daß wohl der Erddruck des Stromes, aber nicht der fließende Strom gesteuert werden kann.

c) Die Glühkathode bei Gasfüllung. — Das Problem ist hier die Vereinigung geringster Heizenergie mit großer Lebensdauer. Die Heizenergie wird um so geringer, 1. je niedriger die Temperatur. Man verwendet Überzug BaO+BrO bei 600 °C Glühtemperatur. 2. je besser die Kathode wärmeisoliert ist. Im Gegensatz zur Vakuumkathode sind hier nämlich Wärmeschutzhüllen möglich, die deren Löcher die Elektronen austreten können.

Die Lebensdauer wird um so größer, je langsamer die aktive Überzug der Kathode verdampft.

Während der Sättigungsstrom einer Hochvakuumkathode nicht überschritten werden kann, ist das bei der Glühkathode in einem Gas ohne weiteres möglich. Es kann dann ein geringer Kathodenfall von einigen Volt auf die Posionen soweit beschleunigt, daß sie zusätzlich Elektronen abzulösen vermögen. Gleichzeitig bringen sie dann aber die aktive Schicht zur Verdampfung, so daß jede Übersetzung des Sättigungsstromes die Lebensdauer der Kathode verkürzt. Besonders wichtig ist, daß es dabei nicht auf einen Strommesser angezeigte mittlere Stromstärke, sondern auf die Momentanwerte ankommt. Bei Stromkurven mit Spitzen kann die Lebensdauer stark sinken, ohne daß die mittlere Stromstärke den zulässigen Wert überschreitet.

Abgesehen hiervon gibt es folgende Verfahren der Lebensdauererweiterung: 1. einander zugewandte Kathodenflächen. Dann schlagen sich die von der einen fließenden dampfenden Moleküle auf der gegenüber liegenden Kathode wieder nieder. 2. so großer Gasdruck, daß die mittleren Weglänge der Moleküle klein gegen den Abstand der Kathodenfesten Fläche ist. Dann diffundieren die meiste dampfenden Moleküle wieder zu ihrer Fläche zurück. 3. so großer Gasdruck ist jedoch nur bei geringen Spannungen möglich.

d) Glühkathodengleichrichter. —

α) Phantotrons. — Glühkathodengleichrichter mit Gitter heißen Phantotrons. Sie werden heute von allen Firmen gebaut und dienen als Batterieladegeräte bei hohen Spannungen und Stromstärken. Ihr Wirkungsgrad beträgt 40 Zellen 80%, bei 12 Zellen 58%.

β) Thyratrons. — Thyratrons werden für Stromstärken bis 1000 A gebaut. Ihr Vorteil gegenüber den Lichtbogen-Gleichrichtern ist, daß nicht die gewaltigen Quecksilbermengen wieder kondensiert zu werden brauchen. Die Lichtbogen dauernd erzeugt. Deshalb sind die Gefäße kleiner. Ferner sind sie stets lieferbereit, sobald die Anode glüht, während die Lichtbogen-Gleichrichter erst nach dem Sinken der Stromstärke unter 3 A sinkt und neu gezündet werden müssen, sofern nicht ein besonderer Hilfslichtbogen vorhanden ist, der die Anode dauernd aufrecht erhält.

Bei Thyratrons mit Quecksilberdampf hängt die Lebensdauer sehr stark von der Außentemperatur ab. Bei Gasfüllung ist das nicht der Fall, so daß eine weit größere Temperatur der Außentemperatur zulässig ist. Dafür besteht die Gefahr der Gasaufzehrung. Diese rührt daher, daß die Posionen in der Sperrrichtung in die Anode geschossen werden und nicht wieder herauskommen können.



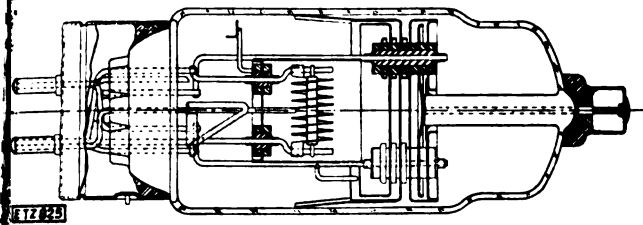


Bild 1. Thyratron nach W. A. Coolidge.

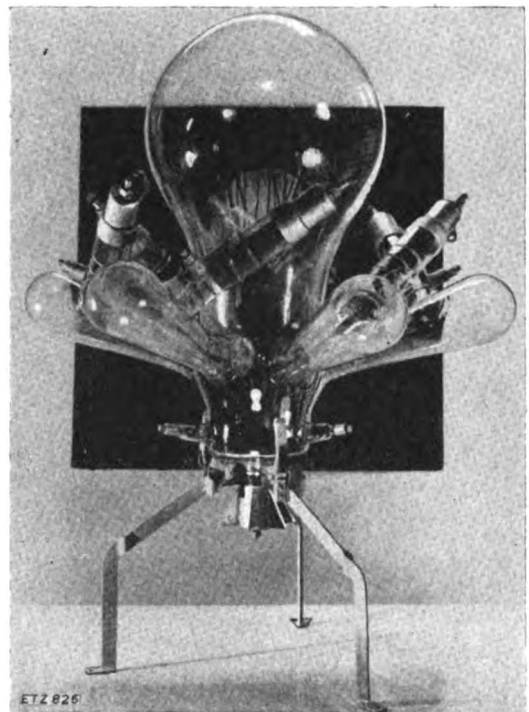


Bild 2. Quecksilber-Lichtbogen-Gleichrichter mit Glasgefäß (SSW).

Abmilderung dieser Störungen geht W. A. Coolidge jr. radikal vor. Bild 1 zeigt die von ihm entwickelte Röhre. Die Teile der Gitter-Anodengruppe sind konzentrisch angeordnet und durch isolierende Stützen gehalten, von denen eine im Querschnitt bezeichnet ist. Der Glühdraht befindet sich in einem zylindrischen Wärmeschutzgehäuse. Die Einzelteile der Gitter-Anodengruppe sind: Schirm, Steuergitter, Schirm, Anode, Schirm. Durch isolierende Zwischenlagen werden die einzelnen Teile auf geringstem Abstand gehalten. Die beiden Schirme haben in der Achse je eine kreisförmige Öffnung, das Steuergitter ist in der Mitte perforiert. Dadurch wird das Bombardement der Posionen auf ein Minimum reduziert. Die Röhren haben einen Nennstrom von 6,4 A bei einem Spitzenwert von 80 A, und 1500 V Anodenspannung, 50 W-Glühdraht, 6,5 cm Dmr. und 20 cm Länge. Die Lebensdauer wird mit 3500 h angegeben. Bei ganz besonders jähem Stromanstieg am Beginn der Sperrphase wird die Parallelschaltung eines Dämpfungsgliedes („Snubber“) empfohlen, bestehend aus Kapazität und Widerstand. Der zulässige Wert für das Produkt aus Stromabnahmegeschwindigkeit in A/s und Sperrspannungszunahmegeschwindigkeit in V/s ist 10.

Eine zweite wichtige Entwicklung wird bei S & H durchgeführt, die Verwendung von Cäsiumdampf statt Hg. Das Rohr wird auf 150 ... 180 °C erhitzt, um den nötigen Cs-Dampfdruck zu erhalten. Dabei kondensiert sich eine einatomige Emissionsschicht auf der Kathode, die eine Ablösearbeit von nur 1,7 V hat. Bei 185 °C ergibt eine Cs-bedeckte Ni-Kathode eine Emission von 1 A/cm<sup>2</sup>. Durch Wärmeschutz werden 10 A/W erreicht. Die Lebensdauer ist im Vergleich zu den anderen Glühkathodenröhren unbegrenzt, weil sich die Emissionsschicht aus dem Gas immer wieder erneuert.

Wenn hier auch nur Gleichrichter behandelt werden sollen, so sei doch kurz erwähnt, daß die AEG ein Kleinthyatron (AG 1041) mit einem doppelten Steuergitter entwickelt hat, das für die Verstärkertechnik wesentliche Vorteile hat.

e) Lichtbogengleichrichter. — Die Schwierigkeit, daß im allgemeinen bei der hohen Temperatur des Lichtbogenkathodenflecks die Kathode verdampft, wurde auf zwei entgegengesetzte Weisen überwunden, erstens indem man als Kathode in einem Edelgas Wolfram verwendete, das nicht verdampft, zweitens indem man eine besonders starke Verdampfung zuließ, aber nicht nur unschädlich, sondern sogar nützlich machte, indem man eine flüssige Kathode, Quecksilber, im tiefsten Punkte des Gefäßes verwendete, so daß der Dampf nach seiner Kondensation immer wieder zur Kathode zurückfloß, nachdem er vorher noch als stromführende Gasfüllung gedient hatte. Die Wolframlichtbogen-Gleichrichter sind nie über einige Ampere hinausgekommen und im jugendlichen Alter gestorben. Der zweite Weg hat zuerst zu den Quecksilber-Lichtbogen-Gleichrichtern mit Glasgefäß geführt, die sich vorbereiten, den ersteren auf den Kirchhof zu folgen, und weiter zu den größten Gleichrichtern, die es gibt, wobei nur viele Schwierigkeiten überwunden werden mußten.

a) Quecksilber-Lichtbogen-Gleichrichter mit Glasgefäß. — Sie arbeiten zuverlässig, haben einen guten Wirkungsgrad, eine sehr viel größere Lebensdauer, als die Glühkathodengleichrichter und sind mit Hilfe ihrer Gittern verlustlos zu steuern. Trotzdem verlieren sie dauernd an Boden, auf der Seite der kleineren Ströme und Spannungen an die Selengleichrichter, auf der anderen Seite an die pumpenlosen, luftgekühlten Eisengleichrichter. Ihre Entwicklung hat sich vollendet (Bild 2). Weitere Verbesserungen sind nicht mehr zu erwarten. In kalten Räumen bedürfen

sie, wie alle Lichtbogengleichrichter der Vorwärmung zur Erzielung genügenden Dampfdruckes.

β) Pumpenlose Eisengleichrichter. — Nachdem Dällenbach erkannt hatte, daß das in Eisen-Großgleichrichtern immer wieder auftretende Gas nicht Luft, sondern Wasserstoff ist, also nicht von Undichtheiten herrührt, sondern als atomarer Wasserstoff aus dem Kühlwasser durch die Eisenwand hindurchdiffundiert, und nachdem es weiter gelungen war die Elektrodenzuführungen durch hochwertiges Bleiglas zu isolieren, das bei mehr als 800 °C im Kammerofen mit dem Eisen verschmolzen werden konnte, wurde es möglich, pumpenlose Eisengleichrichter herzustellen. Die Einschmelzungen, die allen im Betriebe auftretenden thermischen und mechanischen Belastungen gewachsen sind, bieten den weiteren Vorteil, daß man durch sie hindurch den Lichtbogen beobachten kann. Derartige Gleichrichter der BBC werden mit Gittersteuerung für 150, 300, 600 A bei 1500 V gebaut, haben Luftkühlung und verbrauchen 1 l Luft/As. Eine vormagnetisierte Drossel mit Eisenkern sorgt dafür, daß die Drehzahl des Lüftermotors in Abhängigkeit vom Kathodenstrom geregelt werden kann. Sie haben Spritzzündung. Bei Rückzündung schaltet ein Relais augenblicklich ab. Die eigentlichen Gefäße wiegen nur 80 kg. Auch die anderen Großfirmen bauen diese Gleichrichter.

γ) Ignitrons. — Um eine von vornherein möglichst geglättete Stromkurve zu erhalten, spaltet man Drehstrom in 6-Phasenstrom auf und richtet ihn gleich, indem man in dem Gleichrichter 6 Anoden einer Kathode gegenüberstellt. Würde man statt dessen 6 Gefäße mit je einer Anode und Kathode aufstellen, so würde das bei flüchtiger Betrachtung wie ein arger Rückschritt aussehen. In Wirklichkeit bietet es jedoch Vorteile, die besonders groß werden, wenn es gelingt, jedes Gefäß in jeder Periode zu einem beliebig einstellbaren Zeitpunkt neu zu zünden. Dann kann nämlich jedes Gefäß in der Sperrphase völlig stromlos sein. Diese Aufgabe ist im Ignitron gelöst. Ein schwach konischer Stab aus dem Halbleiterstoff Borkarbid taucht in das Kathodenquecksilber hinein. Wird durch ihn zu dem gewünschten Zeitpunkt ein Stromstoß von 10 A bei 200 V in das Quecksilber hineingegeben, so springt ein Funke vom Quecksilbermeniskus zu dem Borkarbid da über, wo es Bruchteile eines Millimeters vom Hg entfernt ist, und zündet den Hauptlichtbogen.

Die Vorteile dieser einanodigen Ignitrons sind: Höherer Wirkungsgrad, leichtes Auswechseln, geringere Typenzahl, beliebige Schaltungen (Graetz), geringere Vorratshaltung.

W. A. Coolidge: Electr. Engng. 67 (1948) S. 435.

ε) Hochleistungs-Stromrichter. — Sie befinden sich noch in voller Entwicklung. Da sie vor kurzem in dieser Zeitschrift von L. Lebrecht<sup>3</sup> ausführlich behandelt sind, genügt hier ein Hinweis auf diese Veröffentlichung.

ζ) Höchstspannungs-Stromrichter. — Das große Problem der Zukunft, hochgespannten Gleichstrom von 400 kV fernzuleiten, erfordert Stromrichter. Zwei Wege sind beschritten, nämlich den Druck entweder so klein oder so groß zu machen, daß eine Rückzündung nicht möglich ist. Beide Verfahren beruhen auf der Aufteilung der Spannung durch Zwischenelektroden. Das eine ist der Quecksilberdampf-

<sup>3</sup> ETZ 72 (1951) H. 10, S. 297.

Gleichrichter mit großen einanodigen Gefäßen mit geringe spezifischer Belastung und schärfster Kühlung oder Phantons mit 20 und mehr Zwischengittern, das andere der Marische Lichtbogen-Stromrichter in Luft oder einem anderen Gas von mehreren Atmosphären Druck. Bei ihm wird ein Lichtbogen zwischen zwei Züdelektroden mit einem relativ geringen Spannungsstoß gezündet und durch Gasstrahl zu den Hauptelektroden geblasen. Nachdem er gegen Ende der Periode erloschen ist, werden die Restionen durch den gleichen Gasstrom weggeführt, ehe in der Sperrichtung die Spannung den Rückzündungsbetrag erreicht. Welches System eingesetzt wird, ist noch nicht zu sehen.

## Über die Auslegung der Zählwerke in Elektrizitätszählern

Von Friedrich Hämmerling, Hameln

DK 621.517.75.11

**Übersicht.** Durch die Einführung der Großbereichszähler sind die Vorschriften über die Auslegung der Zählwerke an Elektrizitätszählern teilweise überholt. Diese Arbeit behandelt den Zusammenhang zwischen den einzelnen Bestimmungsgrößen der Zählwerke und ihre Rückwirkung auf die Eigenschaft der Zähler.

Die jetzt gültigen Vorschriften der Technischen Oberbehörden für das Eichwesen und die Regeln für Elektrizitätszähler des VDE, die für die Auslegung der Zählwerke an Elektrizitätszählern verbindlich sind, beruhen noch auf dem technischen Stand der Zeit nach dem ersten Weltkrieg. Damals lag die Grenzleistung der Zähler normalerweise bei 125% ihrer Nennleistung.

Inzwischen haben sich die Großbereichszähler durchgesetzt, die eine Grenzleistung von 300 und sogar 400% der Nennleistung haben. Es ist natürlich, daß diese Tatsache eine Umarbeitung der behördlichen Vorschriften und der VDE-Regeln notwendig macht.

Die Auslegung der Zählwerke wird durch zwei Begriffe bestimmt, der Durchlaufzeit  $T_{max}$  und der Umlaufzeit der letzten Zahlenrolle  $T_{min}$ . Die Durchlaufzeit ist die Zeit, die sich aus dem Verhältnis Zählbereich zur Nennleistung ergibt. Hat das Zählwerk  $V$  Stellen vor dem Komma und ist  $N_n$  die Nennlast so ist

$$T_{max} = 10^V / N_n \text{ [h].} \quad (1)$$

Die Umlaufzeit der letzten Zahlenrolle beträgt bei  $H$  Dezimalstellen des Zählwerkes

$$T_{min} = 10^{-H+1} / N_n \text{ [h].} \quad (2)$$

Die Durchlaufzeit des Zählwerkes und die Umlaufzeit der letzten Zahlenrolle stehen also in einem festen, von der Nennleistung unabhängigen Verhältnis:

$$T_{max} / T_{min} = 10^{V+H-1} = 10^{Z-1}, \quad (3)$$

wobei  $Z = V + H$  die Zahl der bezifferten Zählwerksrollen darstellt.

Nach VDE 0418/1932 mußte die Durchlaufzeit mindestens 750 h sein. Bei einer Grenzleistung von  $1,25 \cdot N_n$  bedeutete das, daß für Grenzlast die Durchlaufzeit 600 h betrug. Bei modernen hochbelastbaren Zählern sind diese Werte nicht mehr ausreichend. So würde ein 400%ig belastbarer Zähler bei Beibehaltung dieser Durchlaufzeit bereits in etwa 180 Stunden durchlaufen, wenn er mit Grenzlast betrieben würde. Es erscheint deswegen richtig, wenn der Vorschlag gemacht wird, die Durchlaufzeit in Zukunft auf die Grenzleistung zu beziehen. Dann besteht aber keine Veranlassung, den seit Jahrzehnten bewährten Wert von 750 h zu vergrößern.

Eine Reihe von Elektrizitätswerken wünscht die Herabsetzung der Umlaufzeit der letzten Zahlenrolle von 60 min auf 30 min. Die Erfüllung dieser Forderung hätte sehr weittragende Folgen. Es bedeutet nämlich, wie eine einfache Rechnung nach Gl. (2) ergibt, daß fast alle Großbereichszähler statt der bisher üblichen fünfstelligen Zählwerke Sechs-Rollenzählwerke erhalten müßten. Die sechste Rolle wäre nötig, um eine zweite Dezimale anzuzeigen.

Für den eigentlichen Zweck des Zählers, der kWh-Verrechnung zwischen Erzeuger und Verbraucher, ist diese Dezimale überflüssig und höchstens störend. Der Verbrauch wird fortlaufend registriert, eine weitere Dezimale gibt nur zu Irrtümern bei der Ablesung und Ausrechnung Veranlassung. Aus diesem Grunde wird in der amerikanischen Zählertechnik schon die erste Dezimale fortgelassen oder so gedeckt, daß sie nicht mit abgelesen werden kann.

Bei uns wird die kurze Umlaufzeit bzw. die zweite Dezimale von manchen Elektrischen Prüffämtern bei den Elektrizitätsversorgungs-Unternehmungen gewünscht, da die Zähler möglichst in Dauerschaltung durch Vergleich der Zählwerksstände von Normalzählern und Prüflingen kontrollieren wollen.

Nach Untersuchungen, die in der AEG-Zählertechnik durchgeführt wurden und die durch Messungen bestätigt werden, die das Zählerwerk der SSW freundlicherweise zur Verfügung stellte, gilt für die Abhängigkeit zwischen Zählwerksreibung und dem Übersetzungsverhältnis zwischen Ankerachse und erster Zahlenrolle ein Verlauf des Reibmomentes nach Bild 1. Eine zweite Dezimale bedeutet eine Herabsetzung der Zählwerksübersetzung um den Faktor 10. Das Zählwerk muß schneller laufen, die Reibung steigt.

Die Reibung ist die wichtigste Größe, die das Verhalten des Zählers im Kleinlastbereich bestimmt. Sie kann in gewissen Grenzen durch den Spannungsvortrieb kompensiert werden, aber diese Kompensation setzt die Kompensation der Reibung voraus. Diese ist aber trotz der Fortschritte in dem Gebiete der Lagerwerkstoffe und Lagertechnik bis jetzt nicht auf Jahre hinaus zu erzielen.

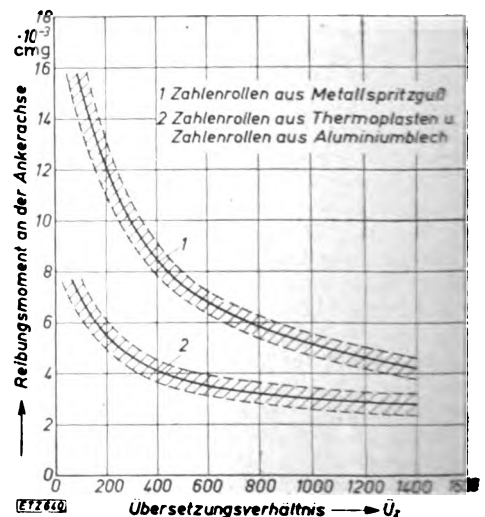


Bild 1. Abhängigkeit der Zählwerksreibung von dem Übersetzungsverhältnis zwischen Ankerachse und erster Zahlenrolle

Unter allen Umständen wird aber der Anlauf des Zählers durch Reibungserhöhung verschlechtert. Im Anlauf gilt

$$M_{DA} = M_R - M_V + M_H \quad (4)$$

hierin ist  $M_{DA}$  Anlaufdrehmoment des Meßwerkes  
 $M_R$  Reibungsmoment  
 $M_V$  Moment des Spannungsvortriebes  
 $M_H$  Höchstwert des Hemmmomentes.

Die Größe von  $M_H$  ergibt sich aus der Forderung der Eichordnung, daß in einem Spannungsbereich von 90 bis 110% der Nennspannung auch bei leichten Erschütterungen kein Leerlauf auftreten darf. Bei Zählern normaler Bauart hängt sowohl das Vortriebsmoment  $M_V$  wie auch das Hemmmoment  $M_H$  in den angegebenen Grenzen vom Quadrate der Spannung ab. Die Erschütterungsbedingung darf wohl so ausgelegt werden, daß bei dieser Prüfung die Reibung vernachlässigt werden kann. Dann ergibt sich als Mindestwert des Hemmmomentes  $M_H = M_V$ .

Um sicher zu sein, daß die Läufermarke, wie im Abschnitt XV der Eichordnung der PTR vorgeschrieben, während der Haltestellung des Zählers in der Mitte des Fensters festgehalten wird, stellt man das Drehmoment  $M_H$  der Haltefahne so ein, daß bei kleiner Überschreitung der Mittelage der Zähleranker entgegen der Reibung und dem Spannungsvortrieb eben noch zurückgezogen wird. Es ist

$$M_H = M_R + M_V \quad (5)$$

Setzt man dieses in Gl. (4) ein, so erhält man

$$M_{DA} = 2 M_R.$$

Der Zähler läuft also bei richtiger Justierung an, wenn das Meßmoment den doppelten Wert des Anlaufreibungsmomentes überschreitet. Dieser Wert ist unabhängig vom Spannungsvortrieb.

Wie kritisch die Einführung der zweiten Dezimale, also des Sechsrollen-Zählwerkes ist, zeigt folgendes Beispiel:

Der jetzige Standardzähler für 220 V 10 (30) A hat z. B. eine Zählwerksübersetzung von 1:600. Das auf die Zählerachse bezogene Reibungsmoment des Zählwerkes beträgt dann etwa 0,003 cmg. Hierzu kommt die Lagerreibung, die mit etwa 0,004 cmg angesetzt werden kann. Der Zähler wird anlaufen, wenn sein Meßmoment

$$M_{DA} = 2 M_R = 2 (0,003 + 0,004) = 0,014 \text{ cmg ist.}$$

Bei dem üblichen normalen Drehmoment bei Nennleistung von  $M_{DN} = 5 \text{ cmg}$  bedeutet dies, daß das Anlaufdrehmoment

$$M_{DA} = \frac{0,014}{5} \cdot 100 < 0,3\%$$

liegt.

Durch Einführung der zweiten Dezimale sinkt die Zählwerksübersetzung auf 1:60, das Drehmoment steigt auf etwa 0,009 cmgr. Die Gesamtreibung ist also unter gleichen Verhältnissen 0,013 cmg und für den Anlauf ergibt sich 0,52% der Nennleistung. Damit wäre die Forderung der Eichordnung, daß der Zähler unterhalb 0,5% seiner Nennleistung anlaufen muß, nicht mehr sicher erfüllt.

Rein fabrikatorisch und betriebsmäßig bedeutet die Einführung des Sechsrollenzählwerkes eine Verteuerung des Zählers und seiner Unterhaltung. Das von den Elektrischen Prüfämtern angestrebte Ziel einer Verkürzung der Prüfzeit wird durch die Einführung der zweiten Dezimale nur teilweise und unter Einbuße an Zählergenauigkeit erreicht.

Ein wesentlicher Fortschritt bei der Verkürzung der Einstellzeit würde dagegen die Einführung der photoelektrischen oder stroboskopischen Prüfung bringen, ohne daß dabei bewährte Grundsätze der Zählerkonstruktion aufgegeben werden müßten. Es ist deswegen dringend davon abzuraten, die bisherige Vorschrift des Abschnittes XV der Eichordnung der PTR, die die oberste Grenze der Umlaufzeit der letzten Zahlenrolle auf 60 min. festlegt, zu verändern.

## Explosion einer elektrischen Gasreinigungsanlage

Von Emil Banik, Lübeck

DK 621.318.75 : 614.83

In einer Fabrik ereignete sich kürzlich eine Explosion einer hinter eine Drehrost-Generatoranlage geschalteten elektrischen Gasreinigung (EGR), die erst kurze Zeit vorher geliefert und eingerichtet worden war. Wenn bei einer Explosion wegen besonders günstiger Umstände auch Menschen- und Sachschaden entstanden, so doch wegen der Seltenheit derartiger Vorkommnisse die der sicherheitstechnischen und besonderen Bedeutung des Falls für die Apparatebauindustrie hierüber im folgenden berichtet.

Durch starken Wassereinbruch anlässlich eines Gewittersturms am Vorabend des Explosionstages mußte die Drehrost-Generatoranlage vorübergehend stillgelegt werden. Nach Beendigung des Gewitters gegen 2 Uhr nachts wurde sie wieder in Betrieb genommen. Hierbei zeigten sich jedoch an der Gasleitung an verschiedenen Stellen Verpuffungserscheinungen, wie diese beim Anfahren der Anlage öfters beobachtet wurden. Zum Schutze gegen etwaige Explosionen wurde daher die EGR ausgeschaltet und zwecks Lüftung der Kammer eine im oberen Teil der Gasreinigung befindliche Klappe geöffnet. Nachdem die Generatorgasanlage in der Weise unter Umgehung der EGR lediglich mit Benutzung der vorhandenen Naßreinigung über 3 Stunden lang in Betrieb gewesen war, erfolgte gegen 6 Uhr früh die Explosion der EGR. Hierbei wurde ein Arbeiter, der im Begriff war, den Schalteraum der Hochspannungsanlage unmittelbar oberhalb der EGR zu betreten, durch den Explosionsdruck in die Schaltzelle gestoßen, jedoch nicht verletzt.

Die einige Stunden hierauf vorgenommene Untersuchung ergab folgendes: Die ungefähr 7 m<sup>3</sup> fassende Gasreinigungskammer für etwa 4000 m<sup>3</sup> Stundenleistung bestand aus rd. 5 mm starken Eisenblechwänden und wurde normalerweise mit einer Spannung von 30 ... 35 kV betrieben (höchstzulässige Betriebsspannung 50 kV). Die Kammerwände waren durch die Explosion aus ihrem Verband gelöst und stark ausgebaucht. Auch die im Innern der Gasreinigungskammer befindlichen Elektroden, eiserne Platten und gewichtsbelastete eiserne Drähte, waren mehr oder weniger stark verbogen. Beschwerden von Nachbarn waren bis auf einige in der näheren Umgebung beschädigte Fensterscheiben nicht festzustellen. Bemerkenswert ist, daß die aus einer Aluminiumfolie bestehende Explosionsbruchsicherung der EGR in der unteren Hälfte der Kammer unzerstört geblieben war. Ferner ergab sich, daß die Hochspannungsanlage infolge Stromunterbrechung vom Werk aus Anlaß des Gewitters und wegen hierdurch erfolgter Auslösung eines Schaltschützes stromlos war. Auch hatte eine Wiedereinschaltung der Hochspannungsanlage der EGR nach der Stromunterbrechung bis zur Explosion nicht stattgefunden. Die betriebsmäßige Abschaltung und die damit verbundene Erdung waren jedoch nicht erfolgt.

Zur Explosionsursache ist folgendes auszuführen: Durch die Öffnung der oberen Entlüftungsklappe der EGR war zwar keine ausreichende Durchlüftung, aber die Bildung eines explosionsfähigen Gas-Luftgemisches möglich (Explosionsgrenzen von Generatorgas 35 ... 75 Vol.-%). Das explosions-

fähige Gas-Luftgemisch kann daher als vorhanden angesehen werden. Es bleibt noch die Frage zu klären, wie dieses Gemisch gezündet wurde. Hierfür bestehen folgende Möglichkeiten:

1. **Zündung durch die Isolatorenbeheizung.** — Die Einführungsisolatoren in der EGR werden während des Betriebes ständig beheizt, um Stromverluste durch Feuchtigkeit zu vermeiden. Diese Heizung ist durch das Schaltschütz nicht mit abgeschaltet worden und war somit die ganze Nacht in Betrieb. Da sich diese Heizung aber ähnlich einer Tauchsiederkonstruktion in geschlossenen, nahtlosen Röhren befindet, ist eine Zündung hierdurch unwahrscheinlich.

2. **Zündung durch Einschaltung der Hochspannungsanlage.** — Es wäre denkbar, daß der Arbeiter, der sich bei der Explosion in der Schaltzelle befand, die Hochspannungsanlage eingeschaltet haben könnte, wobei nach den Angaben der Betriebsleitung häufig Funken zwischen den Elektroden entstehen. Diese Annahme ist jedoch unwahrscheinlich, weil der Arbeiter keinen entsprechenden Auftrag hatte und auf wiederholtes Befragen auch glaubhaft versicherte, keine Schaltvorgänge in der Schaltstation vorgenommen zu haben.

3. **Zündung durch elektrische Restladung.** — Bereits eingangs wurde erwähnt, daß eine betriebsmäßige Abschaltung der Hochspannungsanlage nach der Stromunterbrechung nicht stattgefunden hat. Da die Anlage somit nicht geerdet wurde, ist das Verbleiben einer größeren elektrischen Restladung wahrscheinlich, zumal die EGR mit einer Spannung von 30 ... 35 kV betrieben wurde. Weil andererseits nicht ausgeschlossen ist, daß durch die Verpuffungen beim versuchsweisen Anfahren der Anlage vor der Abschaltung die aus Drähten und Blechen bestehenden Elektroden der EGR verbogen wurden, können geringe zusätzliche Erschütterungen, wie sie z. B. das Besteigen der Gasreinigung durch den Arbeiter auf einer eisernen Treppe verursachte, zu Funkenentladungen innerhalb der EGR und so zur Zündung geführt haben.

Aus der Explosion sind im wesentlichen drei Lehren zu ziehen:

1. **Belüftung der EGR.** — Ein abgeschlossener Raum, in dem sich ein brennbares oder explosives Gas-Luftgemisch befindet, wie es z. B. auch bei der EGR der Fall ist, muß entweder durch Öffnung zweier entgegengesetzter, einen guten Luftdurchzug gewährleistenden Klappen gelü-

ftet werden oder garnicht. Die Belüftung durch Herstellung nur einer Verbindung zur Außenluft begünstigt mit größter Wahrscheinlichkeit die Bildung eines explosionsfähigen Gas-Luftgemisches und erhöht damit die Gefahr.

2. **Erdung der Anlage.** — Das gesamte Elektrodensystem der EGR ist so zu erden, daß die Erdung nicht nur bei betriebsmäßiger Abschaltung der EGR gewährleistet wird, sondern auch dann, wenn die Anlage durch Ausfall der primären Stromquelle über die Schaltschützen abgeschaltet wird.

3. **Unzuverlässigkeit von Metallfolien als Überdrucksicherungen.** — Auch diese Explosion beweist erneut, daß sogenannte Spreng- oder Bruch Sicherungen aus Metallfolien o. dgl. keinen ausreichenden Explosionsschutz bieten, weil die Explosionswelle sich meistens sehr schnell und häufig auch nur in einer ganz bestimmten Richtung fortpflanzt. Aus diesen Gründen versagen häufig diese Sicherungen. Nur so ist erklärlich, weshalb im vorstehend beschriebenen Falle die verhältnismäßig groß gemessene Aluminiumfolie der in die Gasreinigungskammer eingebauten Bruchsicherung trotz geöffneter oberer Entlüftungsklappe erhalten blieb, die verhältnismäßig starken Eisenblechwände der Kammer jedoch nicht nur stark verformt, sondern sogar auch aus dem Verbands gelöst wurden.

4. **Vermeidung des Eindringens von Luft in die EGR.** — Das Eindringen von Luft in den Gasstrom der EGR ist möglichst zu vermeiden. Zu diesem Zweck ist der Sauerstoffgehalt des zu reinigenden Gases ständig durch ein zuverlässiges Gerät in Verbindung mit einer Alarm- und Abschaltvorrichtung zu überwachen. Da auf chemischer Grundlage arbeitende Geräte dieser Art erfahrungsgemäß bei plötzlicher stärkerer Luftbeimischung zum Gasstrom zu spät ansprechen und daher eine Explosion nicht verhindern können, wird z. Zt. in Zusammenarbeit zwischen G. B. Baumann im Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern und der Berufsgenossenschaft der Gas- und Wasserwerke hierfür ein Gerät entwickelt, das den Paramagnetismus des Sauerstoffs benutzt und nur 10 s zu Anzeigen und Ansprechen benötigt<sup>1</sup>. Bei Bewährung dieses Geräts im Dauerbetrieb wäre sein Einbau in die Rohrleitung jeder EGR im Interesse der Erhöhung der Betriebssicherheit erwünscht.

<sup>1</sup> vgl. Referat „Unfallgefahren und ihre Verhütung beim Betrieb von Elektrofiltern“ lt. Rundschreiben des Dt. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern, 1950, Nr. 42, S. 1. S. a. „Die Berufsgenossenschaft“ Heft 10, S. 239 ff.

## Programmsteuerung mit Wheatstonescher Brücke

Von F. Stejskal, Heiligenkirchen bei Detmold

DK 621.316.7 : 621.317.732

**Übersicht.** Als Beispiel für eine lineare Regelaufgabe wird die selbsttätige Steuerung mehrerer Laststellen von einem gemeinsamen Geber erläutert, wobei Grundlast und Endlast jeder Stelle durch zugeordnete Einstellfelder bestimmt wird.

### Aufgabenstellung

Es gibt zahlreiche Regelaufgaben, bei denen die geregelte Größe linear anwachsen soll, wenn ein Befehlsgeber von seinem Nullwert bis zu seinem Endwert gedreht wird. Anwendungsbeispiele: Steigerung der Belastung eines Versuchsstücks unter Vorgabe einer Grundbelastung oder Belastung einer Baukonstruktion, wobei die Eigengewichte der zur Lastaufbringung erforderlichen Gestänge und Befestigungsteile ausgeglichen werden sollen. Auch bei der Regelung anderer mechanischer, thermischer oder sonstiger Größen kommen oft lineare Regelbedingungen vor. Es ist wünschenswert, daß das Regelprogramm vor Beginn des Regelvorganges oder auch während der Regelung einstellbar sei. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn von einem gemeinsamen Befehlsgeber mehrere Regelstellen gesteuert werden sollen.

### Verfahren mit Wheatstonescher Brücke

Die Lösung der Aufgabe ist z. B. durch Verwendung elektrischer Nachlaufsteuerung und Zwischenschaltung eines einfachen Rechengetriebes möglich. Eine rein elektrische Lösung, bei welcher eine Wheatstonesche Brücke zur Steuerung verwendet wird, hat den Vorzug besonders leicht einstellbarer des Regelprogramms<sup>1</sup>. Dieses Verfahren wird am Beispiel einer Laststeuerung näher erläutert werden.

In den Kraftmesser (Dynamometer) jeder geregelten Stelle ist ein Geberwiderstand eingebaut, wie er z. B. bei Fernmeldung von Wasserständen benutzt wird<sup>2</sup>. Die Widerstandsbahn liegt im Gehäuse fest, der federnd ausgeglichene Schleifer ist mit dem Dynamometerzeiger mechanisch verbunden (Bild 1). Zum Einbau werden Kraftmesser mit möglichst linearer Skala ausgewählt.

In Reihe zum Geberwiderstand  $R_G$  sind zwei einstellbare Widerstände  $R_1$ ,  $R_2$  geschaltet (Bild 2). Im Steuergerät

<sup>1</sup> Stejskal: Ein automatisches Steuergerät zur Durchföhrung von Belastungsversuchen. Techn. Ber. 8 (1941) S. 113.

<sup>2</sup> Widerstandsgeber der Firma H. u. B. mit rd. 200  $\Omega$  Gesamtwiderstand.

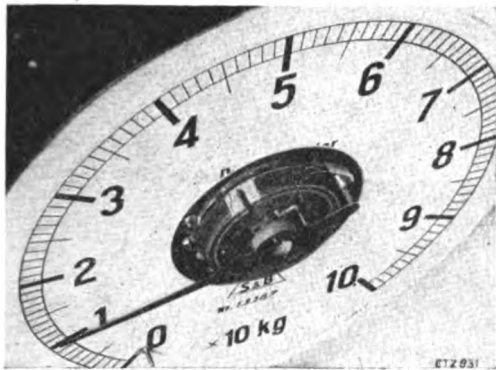
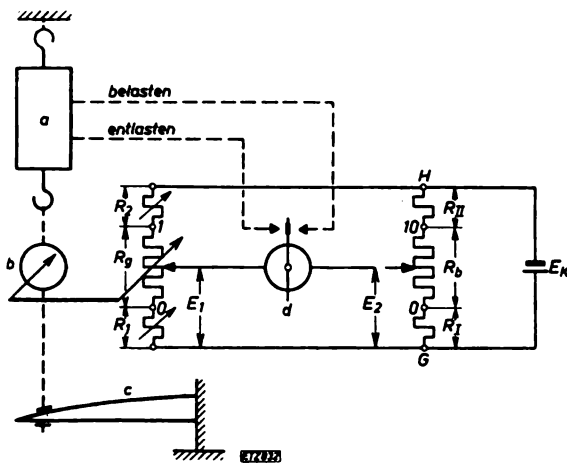


Bild 1. Dynamometer mit Widerstandsgeber.

ndet sich ein Befehlsgeber mit dem Widerstand  $R_b$ , zu dem zwei Festwiderstände  $R_1, R_{II}$  in Reihe liegen. Die Befehlsebene und die Dynamometerseite (Quittungsgeber) sind u einer Wheatstoneschen Brücke zusammengeschaltet, in denen Galvanometerzweig ein Nullrelais  $d$  liegt. Die Schaltkontakte dieses polarisierten Relais betätigen über Hilfselais ein Wendeschütz, das den Elektromotor der zugehörigen Elektrowinde  $a$  so lange einschaltet, bis die gewünschte Last erreicht und die Brücke abgeglichen ist.

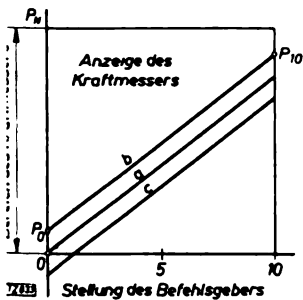


a Elektrowinde, b Dynamometer mit Quittungsgeber, c Versuchsstück, d Nullrelais,  $R_b$  Befehlsgeber

Bild 2. Regelschaltung mit polarisiertem Relais.

**Berechnung der Programmwiderstände**

Das Lastprogramm jeder Stelle ist durch die einzustellende Höchstlast gegeben. Da aber zwischen der Stelle, an der die Kraft gemessen wird, und dem Lastangriffspunkt im allgemeinen Hebel- und Laschenverbindungen liegen, deren Gegengewicht u. U. bis zu 10% der einzustellenden Last be-



$P_0$  Eigengewicht der Hebel- und Laschenverbindungen  
 $P_{10}$  Höchstlast (Anzeige am Dynamometer)  
 $P_N$  Nennlast des Dynamometers

Bild 3. Lastprogramm einer Regelstelle.

agen kann, muß die am Dynamometer abzulesende Last je nach dem, ob diese Eigengewichte im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne der Hauptkraftwirkung wirken, um den Betrag der „Vorlast“ größer oder kleiner sein. Linie  $a$  in Bild 3 zeigt den gewünschten Kraftverlauf an der Lastangriffsstelle, die Linien  $b$  und  $c$  den Kraftverlauf, der bei Zugrichtung nach oben oder nach unten am Dynamometer angezeigt wird.

In Bild 4 ist oben der Spannungsabfall auf der Seite des Quittungsgebers (Dynamometerseite), darunter der Spannungsabfall auf der Befehlsgeberseite über den zugehörigen Widerstandswerten aufgetragen. Mit  $v$  ist das Verhältnis von Vorlast  $P_0$  zur Bereichsgrenze  $P_N$  des Dynamometers bezeichnet, mit  $h$  das Verhältnis von Höchstlast  $P_{10}$  zur Bereichsgrenze  $P_N$ . Der Schleifer des Quittungsgebers überstreicht innerhalb der Bereichsgrenzen den Widerstand  $R_g$ . Beiderseits davon bleiben die Restwiderstände  $R_3, R_4$  auf der Widerstandsbahn frei.

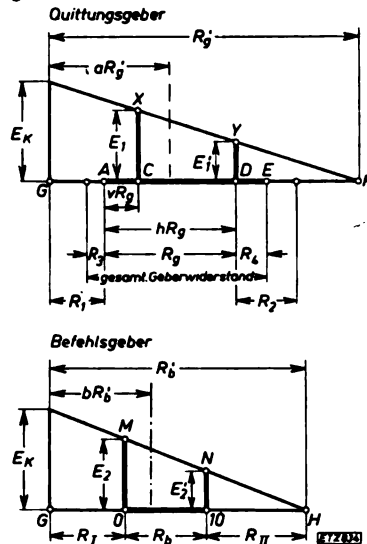


Bild 4. Spannungsschema zu Bild 2.

(In diesem Klischee müssen die Angaben für die Werte  $R_g, R_1$  und  $R_2$  geändert werden:  $R_g$  liegt zwischen den Punkten A und E;  $R_1$  liegt zwischen E und dem Punkt zwischen E und H.)

Der Kontaktarm des Befehlsgebers bestreicht den Bereich von 0 bis 10 in Stufen von 0,5%. Bei den beiden äußersten Stellungen entstehen am Kontaktarm die Teilspannungen  $E_2$  oder  $E_2'$ , die bei Brückengleichgewicht mit den Spannungen  $E_1$  oder  $E_1'$  am Schleifer des Quittungsgebers übereinstimmen müssen. Die Programmwiderstände  $R_1$  und  $R_2$  werden so ermittelt, daß Brückengleichgewicht auftritt, wenn der Dynamometerzeiger die Vorlast  $P_0$  oder die Höchstlast  $P_{10}$  anzeigt.

Wählt man aus praktischen Gründen das Verhältnis der Festwiderstände  $R_1/R_b = 0,4$  und  $R_{II}/R_b = 2$ , so ergibt sich mit  $h = P_{10}/P_N$  und  $v = P_0/P_N$  nach Bild 4

$GC : CD = R_1 : R_b = 0,4$  und  $DH : CD = R_{II} : R_b = 2$ ;  
 nach Einsetzen der Widerstandswerte erhält man

$$R_1 = R_g (0,4 h - 1,4 v) \tag{1}$$

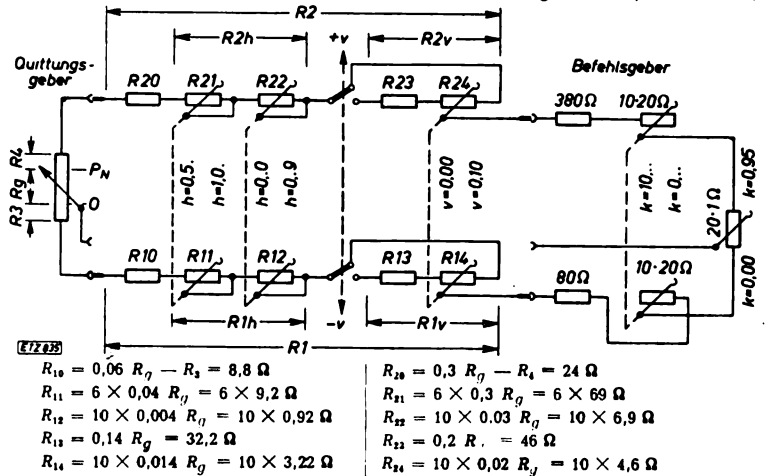
$$R_2 = R_g (3 h - 2 v - 1) \tag{2}$$

Jeder der Einstellwiderstände  $R_1$  und  $R_2$  beeinflusst somit sowohl die Größe der Vorlast als auch die Größe der Höchstlast. Die Einstellung des Lastprogramms ist aber nur dann übersichtlich, wenn man Vorlast und Höchstlast nur durch je einen Skalenknopf festlegen kann. Zu diesem Zweck müssen auf der Einstellachse für  $v$  zwei Teilwiderstände  $R_{1v}$  und  $R_{2v}$ , auf der Achse für  $h$  zwei Teilwiderstände  $R_{1h}$  und  $R_{2h}$  liegen (Bild 5). Aus Gl. (1) und (2) erhält man

$$3,4 h = - 2 R_1/R_g + 1,4 R_2/R_g + 1,4 \tag{3}$$

$$3,4 v = - 3 R_1/R_g + 0,4 R_2/R_g + 0,4 \tag{4}$$

Wenn man  $h$  (entspricht der Höchstlast) nicht ändern will, so müssen die Widerstandsänderungen  $\Delta R_{1v}$  und  $\Delta R_{2v}$



$R_{10} = 0,06 R_g - R_3 = 8,8 \Omega$   
 $R_{11} = 6 \times 0,04 R_g = 6 \times 9,2 \Omega$   
 $R_{12} = 10 \times 0,004 R_g = 10 \times 0,92 \Omega$   
 $R_{13} = 0,14 R_g = 32,2 \Omega$   
 $R_{14} = 10 \times 0,014 R_g = 10 \times 3,22 \Omega$

$R_{20} = 0,3 R_g - R_4 = 24 \Omega$   
 $R_{21} = 6 \times 0,3 R_g = 6 \times 69 \Omega$   
 $R_{22} = 10 \times 0,03 R_g = 10 \times 6,9 \Omega$   
 $R_{23} = 0,2 R_g = 46 \Omega$   
 $R_{24} = 10 \times 0,02 R_g = 10 \times 4,6 \Omega$

Bild 5. Schaltschema eines Einstellfeldes.  
 (Für Quittungsgeber mit  $R_g = 230 \Omega, R_3 = 5 \Omega, R_4 = 45 \Omega$ )



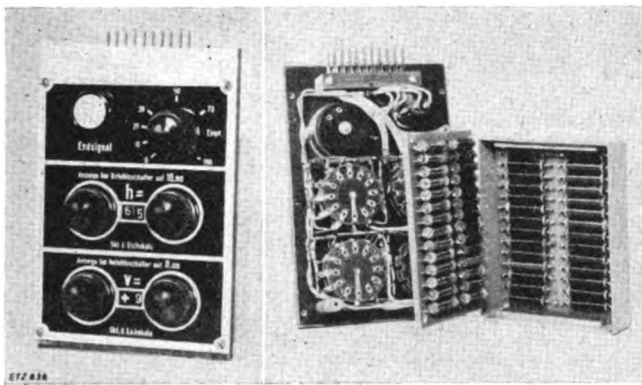


Bild 6. Einstellfeld mit Stufenschaltern. Links Vorderansicht, rechts Rückansicht bei geöffnetem Widerstandskästchen.

so erfolgen, daß nach Gl. (3)  $2 \Delta R_{1v} = 1,4 \Delta R_{2v}$ . In gleicher Weise wird nach Gl. (4)  $v$  (entsprechend der Vorlast) nicht geändert, wenn  $3 \Delta R_{1h} = 0,4 \Delta R_{2h}$ . An den Skalen der Einstellfelder kann man somit die Größen von  $h$  und  $v$  anschreiben und nach der Ablesung die Programmeinstellung im Bedarfsfalle auch während des Betriebes ändern. Bild 6 zeigt die Ansicht eines Einstellfeldes mit genau abgeglichenen Widerstandssätzen.

Für diese Einstellmethode werden alle Quittungsgeber auf gleichen Gesamtwiderstand und übereinstimmenden Restwiderstand  $R_3$  abgeglichen. Bei der Dynamometereichung wird neben der Kraftskala eine Skala für die  $h$ -Werte angebracht, so daß im Betrieb jede Umrechnung entfällt.

#### Nullgerät und Einstellgenauigkeit

Als Nullgerät kann ein polarisiertes Relais (z. B. Siemens Telegrafrelais Trls 43a oder Trls 48a) verwendet werden. Wenn  $\Delta E$  die Auslösespannung des Relais ist, so beträgt die Einstellunsicherheit  $\Delta P$  am Dynamometer bei Anpassung der Relaiswicklung an die Brückenwiderstände:

$$\Delta P = 3,4 \frac{2 \Delta E}{E_k} P_N (h - v)$$

(unabhängig von der Schleiferstellung). Man rechnet bei den vorliegenden Verhältnissen mit einer Auslösespannung  $\Delta E \approx 0,2 \text{ V}$ , so daß bei einer Brückenspannung  $E_k = 40 \text{ V}$  die Einstellunsicherheit  $\Delta P = 0,034 P_N (h - v)$ , d. h. 3,4% des ausgenutzten Lastbereichs beträgt. Die Genauigkeit wird durch Erhöhung der Brückenspannung gesteigert; die Speisespannung darf jedoch aus Erwärmungsgründen nur kurzzeitig wesentlich höher als 40 V sein.

Bei einer Anlage für 25 geregelte Laststellen<sup>3</sup> wurde ein elektronisch arbeitendes Nullgerät verwendet und durch einen ständig umlaufenden Meßstellenwähler in die einzelnen Brückenarme geschaltet. Durch Verzögerungsrelais wurde bewirkt, daß die Winden auch bei abgeschalteter Meßbrücke bis zum Eintreffen eines weiteren Steuerimpulses weiterliefen. Die Einstellunsicherheit konnte bis zu 1% herabgedrückt werden. Bei Überschreiten einer gewissen Einstellgenauigkeit entstehen jedoch durch den Nachlauf der Elektrowinden Regelschwingungen, die entweder durch Verkleinerung des Nachlaufs (Bremsen) oder durch Zwischenschaltung von Federn an den Lastangriffsstellen bekämpft werden können.

#### Zusammenfassung

Befehlsgeber und Quittungsgeber jeder Regelstelle bestehen aus je einem Drehspannungsteiler. Die Geberenden sind mit einer gemeinsamen Spannungsquelle verbunden. An den beiden Abgreifern der so gebildeten Wheatstoneschen Brücke liegt ein polarisiertes Nullrelais, welches zur Steuerung des Einstellmotors dient. Um die gewünschte Grundlast und Höchstlast an der Regelstelle zu erreichen, werden im Zweig des Quittungsgebers genau abgeglichene Zusatzwiderstände zwischengeschaltet, die in einem zugehörigen Einstellfeld liegen. An einen gemeinsamen Befehlsgeber können mehrere Quittungsgeber angeschlossen werden.

<sup>3</sup> Focke-Wulf-Flugzeugbau-GmbH.

## Wirbelstromverluste in elektrischen Geräten

DK 621.3.017.22/017.31

Im Gegensatz zu rotierenden Maschinen und Transformatoren stehen im allgemeinen bei den elektrischen Schaltgeräten nicht die Erwärmungsfragen, sondern mechanische und dynamische Probleme im Vordergrund. Mit zunehmendem Betriebsstrom, etwa von 500 A aufwärts, beginnt jedoch auch die Erwärmung an Bedeutung zu gewinnen; Einflüsse des inneren Widerstandes der Strombahn und der Übergangswiderstände sind bekannt, auch der Rechnung zugänglich; nicht so die Erwärmung durch Wirbelströme, die meist erst am fertigen Gerät festgestellt wird. A. Roth<sup>1</sup> zeigt einen Weg, wie die Wirbelstromverluste für einige konkrete, in der Schaltertechnik häufig vorkommenden Fälle berechnet werden können.

Der einfachste Fall ist der Vollzylinder im axial verlaufenden homogenen Feld, von dem aus der konzentrisch zum Stromleiter angeordnete, geschlossene Ring und die Schraubenfeder abgeleitet wird. Die Platte im parallel verlaufenden homogenen Feld leitet über zum Rohr, durch das der Stromleiter führt. Schließlich können auch die Wirbelstromverluste eines Drehkörpers beliebiger Form unter bestimmten Bedingungen berechnet werden.

Als charakteristische Größe für alle Wirbelstromprobleme wird die Eindringtiefe  $\varepsilon = \sqrt{\rho/\pi f \mu}$  eingeführt, worin  $\rho$  den spez. Widerstand in  $\Omega \text{ cm}$ ,  $f$  die Frequenz in Hz und  $\mu$  die Permeabilität in Vs/Acm bedeuten. Indem die Eindringtiefe ins Verhältnis zu den Abmessungen des Wirbelstromkörpers gesetzt wird, gelingt es, die Besselsche Funktion so darzustellen, daß eine zahlenmäßige Auswertung möglich wird.

Der Vollzylinder von der Länge  $L$  im axialen Feld möge den Radius  $r$  haben (Bild 1); das Verhältnis  $S = 2r/\lambda$  läßt 2 Bereiche unterscheiden: für Zylinder kleinen Durchmesser ( $S < 1$ ) ist die Rückwirkung der Wirbelströme auf die Induktion vernachlässigbar, der Fluß beträgt  $\Phi_{S < 1} = \pi r^2 \mu H$ , ist also der gleiche, wie er ohne Wirbelströme sein würde. Die Verluste betragen:

$$P = \frac{\pi^3}{4} \cdot \frac{f^2 \mu^2}{\rho} H^2 r^4 L \quad [\text{W}].$$

Bei einem Zylinder mit großem Durchmesser ( $S > 20$ ) ist der Fluß in der Mitte des Querschnitts gleich Null, er erfolgt nur die Randzone der Größe  $2\pi r \varepsilon$ . Somit beträgt  $\Phi_{S > 20} = 2\pi r \varepsilon \mu H / \sqrt{2}$  und ist um  $45^\circ$  gegen das äußere Feld phasenverschoben. Die Verluste betragen dann

$$P = \pi^3 \cdot \sqrt{f \mu \rho} H^2 r L \quad [\text{W}].$$

Zu beachten ist der unterschiedliche Einfluß des Widerstandes. Für den Zwischenbereich  $1 < S < 20$  wird in Bild 2 eine Funktion  $f(S)$  angegeben, mit der die Verluste nach der Gleichung

$$P = \pi^3 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{f \mu \rho} H^2 r L f(S)$$

berechnet werden können.

Für die zahlenmäßige Berechnung der Verluste ist noch die Bestimmung der Permeabilität  $\mu$  nötig, die ja keine Konstante, sondern von der Feldstärke abhängig ist. In Bild 3 ist die mittlere Permeabilität von Flußstahl (Blech, Stange, Rohren) und von Federstahl angegeben.

<sup>1</sup> A. Roth: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 268; 10 S., 15 B.

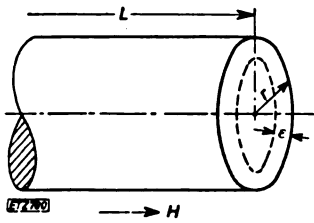


Bild 1. Vollzylinder.

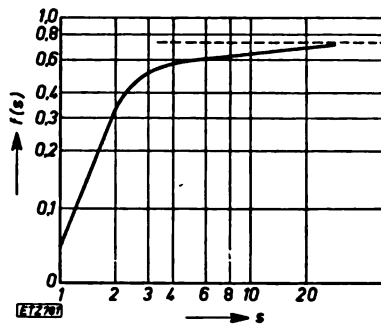


Bild 2. Verluste in zylindrischen Körpern (Stange, Ring).

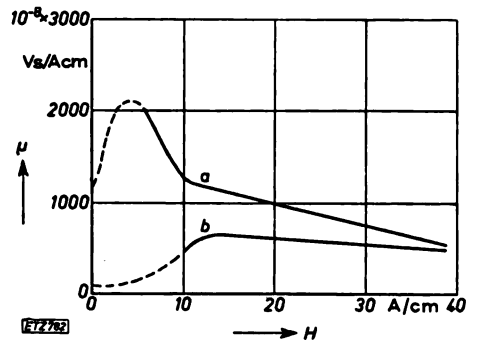


Bild 3. Permeabilität von a) weichem Eisen, b) Federstahl.

**Zahlenbeispiel:** Ein geschlossener Ring aus Rundeisen von 2 mm Dmr. umgebe im Abstand von 16 cm einen Stromleiter, der 500 A führt. Die Länge des Ringes ist also  $L = 2\pi \cdot 16$  cm. Das Feld  $H$ , das sich in der Nähe des Ringes parallel zu seiner Achse ausbildet, beträgt  $H = \sqrt{2} I/L = 7,07$  A/cm.

Aus Bild 3 ergibt sich damit eine mittlere Permeabilität von  $\mu = 1740 \cdot 10^{-8}$  Vs/Acm. Die Eindringtiefe wird für  $\rho = 13 \cdot 10^{-6}$  Ωcm  $\epsilon = \sqrt{\rho/\pi\mu} = 0,069$  cm, die Verhältniszahl  $S = \sqrt{2} \cdot r/\epsilon = 2,05$ . Aus Bild 2 erhält man  $f(2,05) = 0,355$ . Damit werden die Verluste nach Gl. (3)  $P = 0,15$  W.

Für eine Schraubenfeder, durch die der Stromleiter hindurchführt, lassen sich die Verluste ähnlich berechnen. Sie betragen:

$$P = \sqrt{2\pi} \cdot \sqrt{I\mu\rho} \cdot \frac{r \cdot n}{R} \cdot f(S), \quad (4)$$

worin  $2R$  den Durchmesser der  $n$  Federwindungen bedeutet, die übrigen Bezeichnungen sind die gleichen wie vorher. So beträgt z. B. bei einer Feder mit  $n = 11$  Windungen, Windingdurchmesser  $2R = 6,5$  cm, Drahtdurchmesser  $2r = 0,5$  cm bei  $I = 500$  A die Feldstärke  $H = \sqrt{2} I/2\pi R = 34,6$  A/cm. Mit der Permeabilität  $\mu = 540 \cdot 10^{-8}$  Vs/Acm nach Bild 3 wird die Eindringtiefe  $\epsilon = 0,158$  cm und  $S = \sqrt{2} r/\epsilon = 2,24$ . Aus Bild 2 erhält man  $f(2,24) = 0,41$ . Nun berechnen sich die Verluste nach der Gleichung 4 zu  $P = 16,4$  W.

Die zweite Anordnung, für die sich die Wirbelstromverluste berechnen lassen, ist der plattenförmige Körper, der in Schichtrichtung vom magnetischen Fluß durchsetzt wird. In analoger Weise kann eine Funktion  $h$  angegeben werden, die das Verhältnis der Wandstärke  $d$  des Blechs zur Eindringtiefe berücksichtigt (Bild 4).

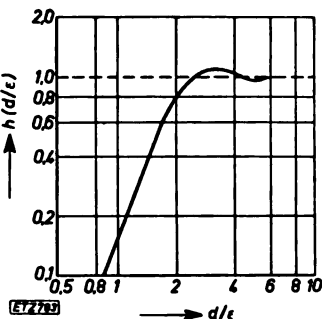


Bild 4. Verluste in plattenförmigen Körpern (Blech, Rohr).

Allgemein ist bei einer Breite  $b$  (senkrecht zur Flußrichtung) und einer Länge  $L$  (in Flußrichtung)

$$P = \sqrt{\pi} \sqrt{I\mu\rho} H^2 b L h(d/\epsilon). \quad (5)$$

$bL$  ist die einfache Oberfläche des Blechs. Biegt man das Blech zu einem Rohr zusammen, durch dessen Achse der Strom  $I$  fließt, so wird  $L/\pi = 2R$  gleich dem Durchmesser dieses Rohres und  $b$  gleich seiner Länge. Man kann nun wieder  $H$  durch den Strom ausdrücken:  $H = \sqrt{2} I/2\pi R$  und erhält damit für das Rohr

$$P = \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{I\mu\rho} \cdot \frac{b}{\pi R} \cdot h(d/\epsilon), \quad (6)$$

worin für große Wandstärke  $d/\epsilon > 5$  die Funktion  $h$  zu 1 wird.

**Zahlenbeispiel:** Ein Rohr von mittlerem Durchmesser  $2R = 12,3$  cm, der Dicke  $d = 0,4$  cm und der Länge  $b = 23,6$  cm ist um einen Stromleiter angeordnet, der einen Strom von 300 A führt. Die Feldstärke im Abstand  $R$  beträgt  $H = \sqrt{2} \cdot I/2\pi R = 11,0$  A/cm. Die mittlere Permeabilität für weiches Eisen ist nach Bild 2:  $\mu = 1150 \cdot 10^{-8}$  Vs/Acm. Die Eindringtiefe wird dann  $\epsilon = \sqrt{\rho/\pi\mu} = 0,084$  cm, so daß  $d/\epsilon = 0,4/0,084 = 4,76$  wird. Damit ergibt sich aus Bild 4 für  $h(4,76) \sim 1$ . Die Verluste lassen sich nun nach Gl. (6) berechnen und betragen  $P = 17$  W.

Aus der allgemeinen Gleichung für dicke Rohre, in der die Funktion  $h(d/\epsilon) = 1$  ist, was angenähert schon für  $d/\epsilon > 2$  zutrifft, leitet sich auch die Gleichung für die Verluste in beliebig gestalteten Rotationskörpern ab, bei denen nur die Bedingung gestellt wird, daß das Feld überall homogen ist; sie ist erfüllt, wenn die größte Dicke  $d_{\max}$  kleiner ist als der mittlere Radius  $R$ , die kleinste Dicke  $d_{\min}$  größer als die doppelte Eindringtiefe  $2\epsilon$  ist. Man kann dann die Verluste proportional der Oberfläche  $O$  setzen:

$$P = 0,5 \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{I\mu\rho} H^2 O \quad (7)$$

Bild 5 erläutert die Verhältnisse an dem Beispiel eines Flansches.

Bei unmagnetischen Werkstoffen ist die Eindringtiefe wesentlich größer. Hier ist  $\mu = 4\pi \cdot 10^{-9}$  Vs/Acm zu setzen; es ergibt sich für 50 Hz:

- bei Kupfer mit  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-6}$  Ωcm :  $\epsilon = 0,9$  cm
- bei Aluminium mit  $\rho = 2,6 \cdot 10^{-6}$  Ωcm :  $\epsilon = 1,15$  cm
- bei nichtrostendem Stahl mit  $\rho = 21 \cdot 10^{-6}$  Ωcm :  $\epsilon = 3,26$  cm

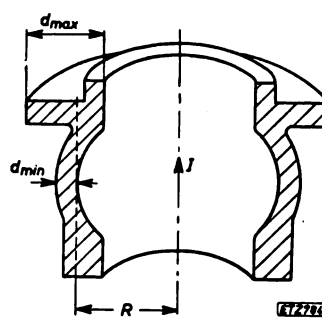


Bild 5. Rotationskörper.

Trotzdem sind die Verluste in unmagnetischen Stoffen im allgemeinen erheblich niedriger als in Eisen; in dicken Stücken betragen sie etwa ein dreißigstel, in dünnen (im Vergleich zur Eindringtiefe) gehen sie um 3...6 Größenordnungen zurück.

**Zahlenbeispiel:** Ein 1 m langes Rohr von 20 cm Durchmesser und 4 mm Wandstärke, das als Panzerung für einen 800 A führenden Leiter dient, würde Verluste von 300 W bringen, wenn es aus weichem Eisen besteht; bei Kupfer gehen die Verluste auf 0,053 W, bei Aluminium auf 0,033 W, bei nichtrostendem Stahl sogar auf 0,004 W zurück.

Das einfachste und wirksamste Mittel zur Herabsetzung der Wirbelstromverluste besteht darin, an allen zu warm werdenden Stellen das Eisen durch unmagnetisches Eisen zu ersetzen; da dies meist zu kostspielig ist, muß man versuchen, die Wandstärke möglichst unter die kritische Dicke (Eindringtiefe) zu bringen, die Entfernung zum Stromleiter zu vergrößern oder schließlich den geschlossenen magnetischen Kreis durch unmagnetische Zwischenstücke zu unterbrechen. Ein anderes wirksames Mittel sind Kurzschlußringe, die den Fluß herabsetzen, wie sie z. B. bei Ölshalterdeckeln verwendet werden.

W. K a u f m a n n

## Vertauschte Rollen Ein kleiner Seitenblick ins Reich der Technik

Von Friedrich List, Darmstadt

DK 62 : 34

1. Sätze aus einer Rede von Helmuth Rühl bei der Jahresfeier der Handelshochschule in Mannheim am 10. April 1931 als Vorbemerkung:

„Die Rechtswissenschaft wird erheblich mehr, als dies bis jetzt immer noch geschieht, ihre Aufmerksamkeit neben den allgemeinen Rechtsschöpfungen der Wirtschaft auch den besonderen der Technik zuwenden und diesem lebendigen Recht dienen müssen. Der Rechtsunterricht muß daraus die Folgerung ziehen: Stärkere Beschäftigung mit dem Problem des lebendigen Rechts, statt mit scharfsinnig ausgeklügelten, aber pathologischen, womöglich gänzlich lebensunwahren Fällen, Schulung des Verständnisses für die Bedürfnisse des Lebens muß hier die Lösung sein.

Für die Technischen Hochschulen gilt das Gesagte in ganz besonderes hohem Maße und ist noch durch die Forderung intensiven Zusammenarbeitens von Jurist und Techniker zu ergänzen.

Vor allem aber wird durch den geschilderten Sachverhalt die Rechtspolitik vor ernste Fragen gestellt. Die ungeheuer tiefe Kluft zwischen geschriebenem und wahrhaft geltendem Recht mahnt zur Besinnung. Liegt nur Anpassung an die sich stets ändernden Verhältnisse vor? Oder ist das Gesetzrecht vielfach morsch und unbrauchbar? Stoßen wir hier auf eine gesunde Entwicklung oder vielmehr auf ein Vordringen überstarker Großmächte der von der Wirtschaft gelenkten Technik, vor denen die Kleinunternehmungen und die Konsumenten zu schützen dringende Aufgabe staatlicher Gesetzpolitik wäre? Wird nicht bei einer so schrankenlosen Rechtsschöpfung den grundsätzlichen Wertungen der Gesetzgebung oft entgegengearbeitet, werden nicht Rechtseinheit und Rechtssicherheit aufs stärkste gefährdet? Schwerwiegende Probleme, deren jedes erster Prüfung wert ist, und die offenbar für die verschiedenen Rechtsgebilde vielfach verschieden zu beantworten sind: Was z. B. für die einseitig diktierten Geschäftsbedingungen und Normalverträge richtig ist, das darf nicht auf die im Wege des Ausgleichs zwischen den verschiedenen Interessengruppen geschaffenen Normen und Musterverträge ausgedehnt werden.“

2. Wenn jemand z. B. eine Buchhandlung betritt und den Wunsch nach einem bestimmten Druckwerk äußert, so gilt dies zweifellos als Angebot und Zusage bzw. die direkte Aushandigung seitens des Buchhändlers als Annahme eines Vertrages.

3. In jedem juristischen Anfängerlehrbuch steht zu lesen, daß etwa Auslagen im Schaufenster, Preisansätze eines Katalogs, Anzeigen, Prospekte und dergleichen lediglich als „Reklame“ zu werten und rechtlich als Aufforderung an das Publikum aufzufassen seien, es möge seinerseits Angebote machen.

4. Wenn jemand das Geschäftszimmer eines Elektrizitätswerkes betritt und den Wunsch nach Anschluß an das Stromnetz äußert, dann wird ihm ein Exemplar der sog. „Versorgungs-“ oder „Lieferungsbedingungen“ überreicht, ihm erklärt, diese seien „eine privatrechtliche Verlautbarung, die nicht die Wirkung einer bindenden Vertragsofferte hat, sondern eine Aufforderung zur Vertragsofferte darstellt, und die erst dadurch rechtliche Wirksamkeit erlangt, daß sie durch den Abschluß eines Energieversorgungsvertrages zu dessen Bestandteil wird.“

Und dann wird derjenige, der um Strom bittet und glaubt, seinerseits doch bereits ein Angebot gemacht zu haben, nochmals und ausdrücklich und eingehend, wie folgt belehrt:

„Die allgemeinen Versorgungsbedingungen stellen kein bindendes Vertragsangebot<sup>1</sup> an jedermann<sup>2</sup> dar, sondern

haben denselben Charakter wie Preislisten, Werbeschriften, Schaufensterausstellungen und ähnliches, d. h. sie sind nicht eine Aufforderung an die Allgemeinheit auf Grund ihres Inhalts ein Angebot zum Abschluß eines Vertrages zu machen.

Der Versorgungsvertrag kommt daher nicht bereits durch die Einreichung der Anmeldung des neuen Abnehmers zustande, sondern diese ist als Vertragsangebot zu werten, und der Vertrag gilt erst als abgeschlossen, wenn das Energieversorgungs-Unternehmen seine Zustimmung erklärt hat. Diese (!) kann ausdrücklich oder auch durch schlüssiges Verhalten erfolgen, vielfach durch den Anschluß, d. h. die Herstellung der Verbindung zwischen der Installationsanlage des Abnehmers und den Betriebsanlagen des Energieversorgungs-Unternehmens, die stets von diesem vorgenommen wird.“

Warum, fragt sich der Stromabnehmer, diese hochwissenschaftlichen Belehrungen, wenn all das, was mit mir geschieht, d. h. was ich mir willenlos, (denn sonst bekomme ich keinen elektrischen Strom!) gefallen lassen muß, nicht nur rechtlich zulässig, sondern eigentlich selbstverständlich?

Doch was geschieht weiter?

Wir lesen jene „Bedingungen“ nochmals, setzen unseren Namen darunter und bitten nun (in liebenswürdiger Weise haben wir unsere außerordentlich zahlreichen Bitten gleich gedruckt mitgebracht) im einzelnen z. B. darum, daß wir „eine Entschädigung für nicht erfolgte oder mangelhafte Stromlieferung“ nicht zu verlangen brauchen, daß wir in „allen Räumen, in denen sich elektrische Einrichtungen befinden, unweigerlich“ besucht werden, daß das Unternehmen die Stromlieferung an uns ja sofort einstellen möge, „wenn wir unseren Zahlungsverpflichtungen für irgendwelche Forderungen nicht pünktlich nachkommen, daß — nach weiteren entsprechenden Bitten unsererseits — schließlich das Unternehmen, wenn es der Wunsch haben sollte, seine Preise zu erhöhen, dies ungefragt bei Fortbestand des Vertrages ja tun möge!

Würden Sie, verehrter Leser, auch einen Miet-„Vertrag“ gleichen oder auch nur ähnlichen Inhalts abschließen? Freiwillig? Aufgrund der uns gelehrtten berühmten Freiheit des Vertragsabschlusses und Gleichheit der beiden Vertragsparteien als typische, als grundsätzliche, als unverletzliche Voraussetzungen und Bestandteile des privaten Rechtes?

Und haben wir unsere Unterschrift, freiwillig ja, nachdem wir darum bitten mußten, abgegeben, dann empfangen wir nochmals eine Rechtsbelehrung, allerdings etwas anderer Art und anderen Inhalts:

„Es herrscht in der Rechtsprechung und im Schrifttum völlige Einmütigkeit darüber, daß jeder, der sich an ein Energieversorgungs-Unternehmen anschließt (!) und dessen Leistung entgegennimmt, sich damit den allgemeinen Versorgungsbedingungen unterwirft (!), gleichgültig, ob er von ihnen Kenntnis genommen hat oder nicht. Selbst die Erklärung des Abnehmers, daß er einzelne Bedingungen nicht anerkenne, befreit ihn nicht von ihrer Wirksamkeit, wenn er trotzdem die Versorgungsleistung annimmt.“

5. Und wenn wir nun die große Frage des „Warum“ erheben, wenn wir wissen möchten: warum muß ich so „tun“, als sei ich der Verfasser jener Lieferungsbedingungen — dann wollen und müssen wir uns an die Mahnungen und Ratschläge halten, die wir in der Vorbemerkung unter Ziffer 1 dieses kleinen Beitrages lasen und dürfen hoffen, daß sich all diese interessanten Schwierigkeiten nicht auflösen und erklären, sondern auch sich mit dem Rechte „an sich“ in Einklang bringen lassen — durch das Recht der Technik, als Recht der Technik.

<sup>1</sup> Also wird, denkt und sagt sich der um Strom bittende Mann aus dem Publikum, meine Bitte weder als Angebot noch als Annahme gewertet. „Was nun — kleiner Mann?“!

<sup>2</sup> Also auch dann nicht, wenn ein bestimmter „Jedermann“ vor Betreten des Geschäftsraumes gelesen hätte!

# RUNDSCHAU

## Hochspannungstechnik

DK 621.314.634 : 621.385

**Ein 500 kV-Linearbeschleuniger mit Selengleichrichtern.**  
[Nach W. R. Arnold: Rev. Sci. Instr. 21 (1950) S. 796; 4 S., 3 B.]

Die erstmalig von Greinacher angegebene Vervielfacherschaltung wird normalerweise mit Glühventilen oder Hochspannungs-Gasgleichrichtern aufgebaut. Dabei werden hochisolierende Heiztransformatoren, Generatoren oder besondere Hochfrequenz-Heizeinrichtungen benötigt. Aus diesem Grunde geht man gewöhnlich nicht über etwa 10 Stufen hinaus. Der hier beschriebene Hochspannungserzeuger verwendet Trockengleichrichter, benötigt also keine Heizspannungsquellen. Er verwendet eine Treibspannung von 10 kV und 22 Stufen. Die Energie wird von einem 10 kVA-Umformer für 250 V und 750 Hz geliefert

Nach der Theorie von Bouwers und Kuntke ist für ideale Gleichrichter und Kondensatoren die Spannung  $U$  an einem Vervielfacher mit  $n$  Stufen

$$U = 2n U_0 - \frac{I}{IC} \left[ \frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{6} n \right],$$

worin  $U_0$  die Spitzen-Eingangsspannung ist,  $I$  die Belastung,  $f$  die Frequenz der Speisepannung und  $C$  die Kapazität der einzelnen Kondensatoren. Bei der beschriebenen Anordnung ist  $n = 22$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ ,  $f = 750 \text{ Hz}$  und  $2U_0 = 25 \text{ kV}$ . Daraus ergibt sich eine erzielbare Spannung von  $U = 550 - 9,5 \cdot I$  [kV], worin  $I$  in mA einzusetzen ist. Betrachtet man den Anstieg von  $U$  mit der Stufenzahl, so zeigt sich mit zunehmendem  $n$  ein immer langsames Anwachsen. Das Spannungsmaximum wird z. B. bei 2,5 mA Last mit 61 Stufen erreicht. Die gleiche Theorie von Bouwers und Kuntke liefert für die Welligkeit

$$u = \frac{I}{IC} \left[ \frac{1}{2} n^2 + \frac{1}{2} n \right]$$

für diesen Generator bei Vollast 840 V.

Der mechanische Aufbau der Vervielfacheranordnung, die im wesentlichen unter der Verwendung von US-Wehrmachtsgut gebaut wurde, wird im einzelnen beschrieben. Die 44 Kondensatoren hatten je  $1 \mu\text{F}$  und 25 kV, die Selengleichrichter bestanden aus je 5 in Serie geschalteten Einheiten von 5 kV Sperrspannung und 2,5 mA höchstzulässigem Strom. Die Spannungsfestigkeit von Kondensatoren und Gleichrichtern begrenzte die Spannung an den einzelnen Stufen auf 25 kV, während die Belastungsgrenze der ganzen Anordnung durch den maximal zulässigen Gleichrichterstrom von 2,5 mA festgelegt wurde.

Die beschriebene Hochspannungsanlage betreibt eine Linearbeschleunigeröhre, die in bekannter Weise aus einzelnen Stufen zur Erzeugung eines gleichmäßig wachsenden Feldes aufgebaut ist. Ein besonderer Spannungsteiler ist nicht vorhanden, vielmehr wird jede Stufe an eine Vervielfacherstufe angeschlossen. Die Ionen werden von einer thermischen Ionenquelle nach Allison geliefert, deren Heizspannung aus einem isoliert angetriebenen Generator stammt. Er steht in der tankförmigen Hochspannungselektrode und wird durch einen langen Riemen angetrieben.

Die Untersuchung zeigt, daß die Leistung der Anordnung befriedigt. Sie arbeitete längere Zeit mit 0,5 mA bei 500 kV. Bei 350 kV und 0,5 mA hatte sie einen Wirkungsgrad von 70%. Die Welligkeit war allerdings mit 1200 V etwa 3mal größer, als theoretisch zu erwarten, wenn Kondensatoren und Gleichrichter ideal wären, also keine Leitfähigkeit bzw. keinen Widerstand hätten. Die Zeitkonstante der Hochspannungsanlage ohne Belastung und ohne Energienachlieferung betrug 240 s zum Abfall der Spannung auf 1/e. Eu

DK 621.311.18 (43)

**Neues Hochspannungslaboratorium** [Nach J.H. Hagenth: Cigre-Ber. 1950, Nr. 409; 15 S., 9 B.]

Die amerikanische Großfirma General Electric hat in Pittsfield ein neues Hochspannungslaboratorium errichtet, in dem Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für den ge-

samten Hochspannungs-Apparatebau und die elektrische Energieübertragung ausgeführt werden. Das Laboratorium besteht aus zwei aneinanderstoßenden Gebäuden von 26,2 und 16,8 m Höhe mit einer gesamten Grundfläche von 4715 m<sup>2</sup>. Das höhere Gebäude (Grundfläche 1465 m<sup>2</sup>), an das sich ein Freiluft-Prüffeld (Grundfläche 670 m<sup>2</sup>) anschließt, bildet eine einzige große Halle für die Prüfung mit höchsten Stoß- und Wechselspannungen; sie enthält zwei Stoßspannungsgeneratoren für je 5100 kV (Spitzenwerte 7500 kV), von denen sich einer ins Freie fahren läßt, und zwei Transformatorsätze für niederfrequente Spannungen von 700 und 1050 kV<sub>eff</sub>. Das niedrigere Gebäude (Grundfläche 3250 m<sup>2</sup>) ist dreifach unterteilt in eine bis ins Dach reichende Halle, einen Raum für Motorgeneratoren und einen zwei-stöckigen Klima-Raum, in dem sich Einrichtungen zur Stoß- und Wechselspannungsprüfung mit 750 kV und 300 kV<sub>eff</sub> befinden. Die Halle (25×25 m) enthält mehrere Felder mit den Prüfeinrichtungen für Stoßspannungen von 1200/600/200 kV und für Wechselspannungen von 300/300/100 kV<sub>eff</sub>, ein Feld für die Prüfung mit hohen Stoßströmen bis 260 kA bei 150 kV und ein Feld für Isolationsuntersuchungen mit Gleichspannungen bis 500 kV (Gleichrichter 15 mA). Im dritten Stock befinden sich Räume für die Blitzforschung.

Die Gebäude sind Stahlskelettbauten und haben doppelte Stahlwände mit einer Zwischenlage aus Glaswolle. Die Stahlwände sind mit dem Stahlgerüst und einem im Betonboden liegenden Stahlgitter verschweißt. Die elektrische Anschlussleistung sämtlicher Laboratorien beträgt 4300 kVA. Die Stromverteilung erfolgt mit 13,8 kV, für die Hilfsbetriebe einschl. Beleuchtung mit 440 V. Den Gleichstrombedarf liefern zwei Gleichstromgeneratoren von 500 kW mit 500 V und den Wechselstrombedarf drei Generatoren von 1000 und 2×500 kVA (Frequenzbereich 25 ... 60 Hz), die auf sämtliche 7 Felder mit Wechselspannungsprüfeinrichtungen schaltbar sind. Die Hoch- und Niederspannungskabel sind durch Ableiter und die elektrischen Maschinen durch Kondensatoren gegen Überspannungen geschützt. Im Klimaraum lassen sich Temperaturen zwischen -18 und +38 °C und weit veränderliche Feuchtigkeitsgrade einstellen. Für Regenversuche wird Wasser aus der öffentlichen Versorgung verwendet und seine Leitfähigkeit mit einer Mischeinrichtung konstant gehalten.

Die beiden Stoßspannungsanlagen in der großen Halle ermöglichen Luftüberschläge von 7,60 m, in Reihenschaltung von 16,75 m mit Strömen von 33 kA, bei Parallelschaltung von 66 kA. Jeder Generator hat Röhrenkondensatoren von je 0,33 μF für 100 kV und besteht aus 17 Gruppen mit einer Ladespannung von je 300 kV. Die Schaltungskombinationen der Gruppen ergeben die Kennwerte

Spannung kV	Zahl der Gruppen in Reihe	parallel	Kapazität μF
5100	17	1	0,00648
4800	16	1	0,00688
2400	8	2	0,0275
1500	5	3	0,0658
1200	4	4	0,11
300	1	17	1,87

Die Form der Stoßspannungswellen wird durch innere und äußere Widerstände geregelt. Zum Aufzeichnen von Spannung und Strom haben die Kathodenstrahloszillographen teilweise zwei Rohre; die Synchronisierung zwischen Oszillographen und Stoßanlagen erfolgt wahlweise durch die Oszillographen- oder Generatorauslösung. Die gesamten Meß- und Steuergeräte sind in einem Käfig angeordnet, der mit einem Laufkran an den für die Messung günstigsten Platz gebracht wird. Für die Wechselspannungsprüfung in der großen Halle stehen 5 Transformatoren von je 1000 kVA und 350 kV zur Verfügung, die normalerweise zu 3 und 2 in Kaskade geschaltet sind und bei 5facher Kaskadenschaltung Spannungen bis 1750 kV<sub>eff</sub> gegen Erde ergeben. Die kleineren Stoßspannungsanlagen für 200 ... 1200 kV im niedrigeren Gebäude haben Ladespannungen von 50 bis 150 kV und die Transformatoren entsprechend gestufte Wechselspannungen von 50 ... 300 kV<sub>eff</sub>. Sämtliche Kondensatoren besitzen automatische Entladevorrichtungen. Die Gitter, welche die einzelnen Prüffelder umgeben, haben Türen mit elektrischen Verriegelungen; sie lassen sich zur Ausführung von gleichzeitigen Gruppenversuchen aufheben,

wobei das Öffnen von Türen die zugehörigen Felder spannungslos macht.

Eine druckfeste Kammer (14 kg/cm<sup>2</sup>) ermöglicht Versuche unter Druck oder Vakuum mit Spannungen bis zu 115 kV. An einer Freileitung für 138 ... 161 kV (Länge 3 km), die vom Freiluft-Prüffeld ausgeht, werden direkte Blitzeinschläge unter den Verhältnissen der Praxis untersucht. Die für die Spannungsmessung benutzten Kugelfunkenstrecken haben Durchmesser von 6,25 ... 200 cm. Modellstoßgeneratoren mit niedrigen Spannungen dienen zur Untersuchung der Spannungsverteilung in und zwischen Wicklungen und zum Studium von Ausgleichsvorgängen in Netzen, wobei oszillographierende Spezialanalysatoren verwendet werden.

ESch

### Lichttechnik

DK 621.327.43 : 621.335.9

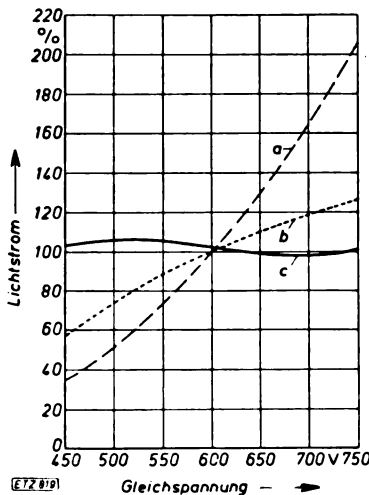
**Wechselstrom-Leuchtstofflampen für die New Yorker Untergrundbahn.** [Nach E. W. Beggs und H. W. Graybrook : Illum. Engng., N. Y., 45 (1950) S. 617; 5 S., 9 B.]

Am 20. September 1949 wurde ein neuer Untergrundbahnzug aus nichtrostendem Stahl in New York dem Verkehr übergeben. Dieser Zug enthielt mehrere Verbesserungen. Einer der wesentlichen Fortschritte war die Verwendung von Wechselstrom-Leuchtstofflampen für die Allgemeinbeleuchtung. Gegenüber den bisher im Zugbetrieb in den USA häufig verwendeten Gleichstrom-Leuchtstofflampen bieten sie wesentliche Vorteile: sie zünden zuverlässiger, insbesondere bei tiefen Temperaturen, sie haben einen besseren Wirkungsgrad und brauchen nicht von Zeit zu Zeit umgepolt zu werden.

Der Strom für diese Lampen wird durch einen Gleichstrom-Wechselstromumformer von 4,2 kVA Ausgangsleistung geliefert. Um das Flackern des Lichtes bei Unterbrechungen der Stromschiene an Kreuzungen und Weichen zu vermeiden, erhielt der Umformer ein Schwungrad. Wegen des flackerfreien Betriebes war es möglich, handelsübliche Heißkathoden-Leuchtstofflampen und Vorschaltgeräte zu verwenden.

Zur richtigen Bemessung des Umformers und des Schwungrades wurden Zahl und Dauer der Stromunterbrechungen während des Betriebes der Untergrundbahn gezählt und gemessen. Es zeigte sich, daß in jeder Stunde durchschnittlich 35 Unterbrechungen vorkommen, die im allgemeinen nur 0,5 ... 1 s dauern. Längere Unterbrechungen bis zu 10 s kommen stündlich nur 1 ... 2 mal vor. Ferner sind die starken Spannungsschwankungen in der Gleichstromzuführung zu beachten. Die Gleichspannung beträgt normal 600 V, sie kann aber zwischen 400 und 750 V schwanken. In diesem Zusammenhang ist Bild 1 aufschlußreich. Es zeigt die Abhängigkeit des Lichtstromes von Glühlampen, Gleichstrom-Leuchtstofflampen, die unmittelbar an das Gleichstromnetz angeschlossen sind, und Wechselstrom-Leuchtstofflampen bei Zwischenschaltung des Umformers, von Spannungsschwankungen der obengenannten Größe.

Der Wechselstromgenerator liefert ferner den Strom für die elektrischen Staubfilter, die UV-Lampen zum keimfreihalten der Luft und für die Gleichrichter für die Batterie-



a Glühlampe, b Gleichstrom-Leuchtstofflampe, c Wechselstrom-Leuchtstofflampe bei Speisung durch den Schwungrad-Umformer.

Bild 1. Lichtstrom verschiedener Lampen in Abhängigkeit von der Spannung.

Für den Maschinensatz wurden ein Schwungrad von 130 kg und ein Durchmesser von 47 cm gewählt. Das Rad hat bei 3600 U/min eine ausreichende Energie, um die Lampen 25 s lang weiterbrennen zu lassen. Der Umformer enthält einen Spannungs- und Frequenzregler, der die abgegebene Wechselspannung um weniger als 5% um den Mittelwert von 180 V, 60 Hz konstant hält, so daß praktisch keine Lichtschwankungen wahrnehmbar sind (Bild 1, Kurve c).

Der Wechselstromgenerator liefert ferner den Strom für die elektrischen Staubfilter, die UV-Lampen zum keimfreihalten der Luft und für die Gleichrichter für die Batterie-

lung. Bei Ausfall der Netzgleichspannung werden alle diese Energieverbraucher zugunsten der Beleuchtung nach einer Sekunde ausgeschaltet.

WH

DK 621.32 : 535.312

**Die reguläre Reflexion und ihre Nachteile für die Beleuchtung.** [Nach M. A. Salomon : Bull. Soc. franç. Electr. X (1950) S. 501; 6 S., 10 B.]

Die vollkommen diffuse und also völlig spiegelungsfreie Oberfläche kommt praktisch kaum vor; die meisten Körper zeigen, und sei es auch nur unter flachen Winkeln, eine mehr oder minder deutliche gerichtete Reflexion. Das hat zur Folge, daß bei bestimmten Beleuchtungs- und Betrachtungswinkeln immer Spiegelbilder oder Glanzflächen der Lampen, der Fenster oder der helleren Umgebung auftreten, die die Wahrnehmung und Erkennung behindern. Der deutsche Sprachgebrauch nennt diesen Vorgang „Reflexblendung“. Zur Vermeidung solcher Störung werden praktische Versuche unternommen und Vorschläge für typische Fälle gemacht. Grundforderung ist, die Beleuchtungsanordnung soweit irgend möglich, so zu treffen, daß die regulär (spiegelnd) reflektierten Leuchtdichten nicht im Gesichtsfeld liegen.

In Gemädegalerien, bei Wandgemälden, bei Bildern hinter Glas kann man z. B. eine Sonderbeleuchtung durch Spiegelreflektoren unter flachen Einfallswinkeln von oben oder unten derart vornehmen, daß die reguläre Reflexion steil zum Fußboden oder zur Decke abgelenkt wird und sich das Bild störungsfrei nur in diffusen Leuchtdichten darbietet.

Die Wandtafeln der Schule spiegeln oft, wenn ihr Anstrich nicht genügend matt ist oder wenn sie feucht sind die Leuchten der Raumbelichtung ins Blickfeld der Schüler. Man muß entweder diese Leuchten gegen die Tafel abschirmen oder großflächige Raumbeluchten mit niedriger Leuchtdichte anwenden und überdies (nach Art der Gemädebeleuchtung) eine starke und reflexfreie Spezialbeleuchtung der Tafel vorsehen.

Besondere Schwierigkeiten bieten sich bei der Beleuchtung von liegenden Zeichenbrettern, weil die Leuchten überm Zeichentisch nicht nur so angeordnet werden müssen, daß auftretendes Reflexlicht den Zeichner nicht stören kann sondern weil zugleich auch darauf geachtet werden muß, daß keine Behinderung durch Selbstschatten entsteht. Die Auffassung des Verfassers, daß hier die ganz-indirekte Beleuchtung die beste Lösung darstelle, entspricht nicht ganz den physiologisch-optischen Erkenntnissen und ist überholt; man hat mit halbindirekter Beleuchtung, z. B. mit Leuchtstofflampen-Lichtbändern oder -Langfeldleuchten, sehr gute Erfahrungen gemacht. — Für die Bürobeleuchtung gilt im Prinzip dasselbe wie für die Zeichensaalbeleuchtung.

Sehr störend kann die Spiegelung bei Schaufenstern an Tagen werden, wenn das Spiegelbild der hellen Umgebung den Einblick ins Fenster verdeckt. Hier kann man sich durch konkav gebogene Fensterscheiben helfen oder durch eine sehr starke künstliche Zusatzbeleuchtung der Auslage.

Gefährliche Reflexblendung tritt schließlich an glänzenden Maschinenteilen usw. auf, der man, wenn es sich um gekrümmte und beliebig orientierte oder bewegte Metallteile handelt, allein durch Maßnahmen in der geometrischen Anordnung der Lichtquellen meist nicht mehr wirksam genug begegnen kann. Hier müssen Großflächenleuchten mit niedriger Leuchtdichte (am besten Leuchtstofflampen) mit starker, gleichmäßiger Allgemeinbeleuchtung angewandt werden. Wo spezifische Platzbeleuchtung durch Maschinenleuchten u. dgl. unumgänglich ist, müssen die Arbeitsplatzlampen beweglich sein, damit sie von Fall zu Fall zur Verhütung der Reflexblendung in die günstigste Lage eingestellt werden können.

RGW

### Verkehrstechnik

DK 621.383.1

**Für und wider das Elektrofahrzeug.** [Nach Neubert : Motz : Glasers Ann. 75 (1951) S. 13; 3 1/2 S., 5 B. und S. 5 2 S., 5 B.]

Batteriefahrzeuge für den Güternahverkehr in Städten sind seit Jahrzehnten bekannt und erprobt. Sie haben sich aber in Deutschland in neuerer Zeit kaum weiter verbreitet. Erstaunlich ist dagegen die Entwicklung der letzten 10 Jahre im Ausland. So wurden beispielsweise im Vereinigten Königreich von 1939 bis 1948 über 15 000 Elektrofahrzeuge für den Straßenverkehr zugelassen. Gegenüber dem Diesel- oder Verqaserfahrzeug hat das Elektrofahrzeug einige Nachteile. Der Beschaffungspreis einschließlich selbsttätiger Ladeeinrichtung liegt etwa 50% höher, die Höchst-



schwindigkeit liegt im Durchschnitt nur bei 25 ... 30 km/h, der Fahrbereich mit einer Aufladung ist auf 60 ... 80 km begrenzt und Steilstrecken können, der Charakteristik des Reihenschlußmotors entsprechend, nur mit sehr niedrigen Geschwindigkeiten befahren werden.

Der günstigste Anwendungsbereich liegt bei einer Betriebsweise mit kurzen Haltepunktsentfernungen (100 ... 500 m), jeweiligem Stillstand von etwa 3 min, bei welchem Brennkraftfahrzeuge schon wegen der Schonung der Anlasserbatterie nicht stillgesetzt werden können, somit im Leerlauf Brennstoff verbrauchen und schließlich auch in einer höheren Anfahrbeschleunigung, die gerade im Großstadtverkehr nach verkehrsordnungsbedingtem häufigen Halten begrüßenswert ist. Es ist auch bekannt, daß die Lebensdauer eines Elektrofahrzeuges größer und sein Reifenverbrauch wegen des Fortfalls der Zugkraftstöße beim Anfahren geringer ist. Jahrzehntelange Erfahrungen weisen 20 ... 30% niedrigere Betriebs- und Unterhaltungskosten nach. Für die Paketwagen der Postverwaltung Berlin wurden sogar über 40% Ersparnisse gegenüber dem Betrieb mit Brennkraftfahrzeugen angegeben.

Der Verfasser errechnet unter anderem für eine Betriebsweise mit 400 m Haltepunktsentfernung und jeweils 3 min Haltezeit, bei einem Preis von 55 Dpf für Dieselöl, 38 Dpf. für Benzin und 5 Dpf. für eine kWh Nachtstrom, bei 20 000 km/Jahr für ein 3 t-Fahrzeug ein Verhältnis der Jahresbetriebskosten von 100% für das Elektrofahrzeug, 127% für das Diesel- und 224% für das Benzinfahrzeug. Demgegenüber liegen aber die Beschaffungskosten in umgekehrter Reihenfolge, jedoch in mäßigeren Grenzen. Es gilt als anerkannt, daß die höheren Kapitalkosten schon nach 2 ... 3 Jahren durch die niedrigeren Betriebskosten aufgewogen werden. Trotz kürzerer Lebensdauer betragen die Instandhaltungskosten beim Dieselfahrzeug 120 ... 210% des Beschaffungspreises gegen nur 15 ... 20% beim Elektrofahrzeug und seiner höheren Lebensdauer (bis 30 Jahre). Schließlich sind die Versicherungskosten niedriger, sowie Pannen und Unfälle seltener.

Der hohe Zugkraftüberschuß des Elektrofahrzeuges beim Anfahren gestattet es mit etwa  $\frac{1}{5}$  der Motorleistung auszukommen. Schließlich sei noch auf den Fortfall des Auspufflärms und der Verbrennungsgase als Faktor der Volksgesundheit im innerstädtischen Verkehr hingewiesen. Die Einfuhr von Brennkraftstoffen kostet Devisen und kann plötzlich unterbunden werden. Rund gerechnet können durch eine kWh Nachtstrom heimischer Herkunft 1 l Benzin oder  $\frac{1}{2}$  l Dieselöl eingespart werden. Diese Überlegungen und die Entwicklung im Ausland sollten in größerem Kreis beachtet werden.

Immerhin sind die neuesten deutschen Modelle für den innerbetrieblichen Transport schon bemerkenswert. Zu dem vom Elektrokarren her bekannten Horizontaltransport kamen mannigfache zusätzliche Einrichtungen für den Vertikaltransport. Wohl sind Hochhubwagen bekannt, sie ermöglichen aber nur das Heben von Ladegut, während das Absetzen auf geschichteten Gütern wiederum von Hand erfolgen muß. Hier ist der Gabelstapler das begrüßenswerte Neue. Er hat an den Hubsäulen eine gleitende Gabel, welche beispielsweise Fässer von der Seite faßt, und das Gut anhebt. Dann wird soweit vorgefahren, bis das Faß über dem schon gelagerten Gut steht um es durch Senken auf den Stapel abzusetzen. Anschließend wird die Gabel gespreizt und zurückgefahren. Bei Kisten mit Verstärkungsleisten ist der Vorgang der gleiche. Die Hubhöhe beträgt etwa 3 m. Können Kisten nur von unten gefaßt werden (wenn sie dort Verstärkungsleisten haben), so werden sie mit dem bekannten Hochhubwagen gehoben. Über dem Stapel angelangt, werden die unterfassenden Schienen geneigt, so daß die Kisten schräg abgleiten können. Gegenüber der noch verbreiteten Horizontalförderung mit Handkarren und Anheben von Hand wurden 12 ... 15fache Förderleistungen je Mann festgestellt. Erwähnt sei auch, daß bereits Stapelroller als fahrbare Wagenheber für den Garagendienst ausgebildet wurde.

Zweifelloos sind auf diesem Gebiet in nächster Zeit noch manche Neuerungen zu erwarten, um so den oft zu wenig beachteten Unkostenfaktor „innerbetriebliche Transporte“ senken zu helfen.

Hom

DK 656.05

**Fahrzeuggesteuerte Verkehrssignale.** [Nach S. Ekwall: Ericsson Rev. 3 (1950) S. 98; 6 S., 6 B.]

Während die bekannten fahrzeuggesteuerten Verkehrsregelungsanlagen<sup>1</sup> Bodenschwellen benutzen, welche durch

<sup>1</sup> s. a. ETZ 56 (1935) S. 1358; 57 (1936) S. 96; 58 (1937) S. 1402; 59 (1938) S. 837.

das Fahrzeuggewicht betätigte Kontakte enthalten, ist die Versuchsanlage an der Straßenkreuzung Götgatan—Höbersgatan in Stockholm mit einer elektromagnetisch arbeitenden Bodenschwelle ausgerüstet. Sie besitzt zwei längliche Impulsspulen, welche sich elektrisch im Gleichgewicht befinden. Der beim Überfahren der Schwelle durch ein Fahrzeug entstehende Differenzstrom wird verstärkt und zur Steuerung von Relais benutzt. Wie die Kontaktschwellen können auch die elektromagnetischen Bodenschwellen gerichtet ausgeführt und in engen Straßen eingesetzt werden, wo damit gerechnet werden muß, daß die Schwelle auch von Fahrzeugen der Gegenrichtung beim Überholen befahren wird. Die bei fahrzeuggesteuerten Verkehrsregelungsanlagen üblichen Fahrdrahtkontakte, durch welche die Einbeziehung der Straßenbahn in die selbsttätige Regelung des Verkehrs erfolgt, sind gleichfalls durch elektromagnetische Schwellen ersetzt. Sie enthalten je zwei kreisförmige Spulen, welche hintereinander angeordnet sind, und werden zwischen den Schienen in die Straße eingebaut.

Das Steuergerät ist zweiteilig und besteht aus zwei Gehäusen, welche bei Aufstellung an einer Hauswand nebeneinander, bei freistehender Aufstellung, z. B. auf einer Verkehrsinsel, Rücken an Rücken auf einem Betonsockel montiert werden. Das eine Gehäuse enthält die Steuereinrichtung und Schaltrelais für die Signale, in dem zweiten sind die vier Verstärkersätze sowie die sonstigen Hilfseinrichtungen für die Bodenschwellen untergebracht. Im Unterteil beider Gehäuse befinden sich die Kabeleinführungen und die Anschlußleisten. Die Steuereinrichtung umfaßt neben den Relaisätzen, welche mit Steckkontakten versehen und daher leicht auswechselbar sind, auch ein Bedienungsfeld im obersten Teil des ersten Gehäuses, welches u. a. auch den Umschalter und die Drucktaste für die Handschaltung der Signale enthält. Die Verstärkersätze sind mit Reserveröhren ausgerüstet, auf welche selbsttätig bei Ausfall der Betriebsröhre umgeschaltet wird. Während das Bedienungsfeld mittels eines normalen Polizeimelderschlüssels zugänglich gemacht werden kann, sind die übrigen Teile des Steuergerätes durch Spezialschlösser gegen unbefugte Eingriffe gesichert. Die Lichtsignale sind Standsignale. Diejenigen für den Fahrzeugverkehr bestehen aus dreiteiligen Aluminiumgehäusen, während für die Fußgängersignale zweiteilige Gehäuse, gleichfalls aus Aluminium vorgesehen sind. Das obere Feld hierin enthält in grüner Lichtschrift die Aufforderung, nun die Straße zu überschreiten, das untere dagegen nur ein weißes Feld, welches unmittelbar vor Erlöschen der oberen Anzeige eingeschaltet wird und ein Zeichen dafür ist, daß die nur zu gewissen Stunden angeschalteten Fußgängersignale in Betrieb sind. Die Farbfolge der Signale weicht von den sonst üblichen ab. Eine Schaltperiode setzt sich wie folgt zusammen:

Zeit	Verkehrsrichtung A	Verkehrsrichtung B
1	Grün	Rot
2	Grün + Gelb	Rot
3	Rot	Rot
4	Rot	Rot + Gelb
5	Rot	Grün
6	Rot	Grün + Gelb
7	Rot	Rot
8	Rot + Gelb	Rot

Sofern eine besondere Fußgängerphase erforderlich ist, kann sie zwischen den Zeiten 3 und 4 und auch zwischen 7 und 8 eingeschoben werden.

Die Arbeitsweise der Einrichtung entspricht derjenigen der bereits bekannten fahrzeuggesteuerten Verkehrsregelungsanlagen. Die Zusammenfassung mehrerer in einem Straßenzug liegender Kreuzungen zur Erzielung eines Fließverkehrs ist vorgesehen. An einer der Kreuzungen ist dann das Steuergerät durch Einbau eines gemeinsamen Zeitgebers zum Hauptsteuergerät zu erweitern. Der Probetrieb an der genannten Kreuzung wurde im April 1949 aufgenommen. Inzwischen sind die Aufträge auf 7 derartige Einrichtungen für Stockholm, 4 für Västerås und eine für Helsingfors erteilt worden.

Die Verwendung von elektromagnetischen Bodenschwellen an Stelle der Kontaktschwellen hat eine Erhöhung der Betriebssicherheit durch Ausschaltung von Kontaktstörungen an der Bodenschwelle zum Ziel. Ob der angestrebte Vorteil nicht durch den Einsatz von Verstärkern wieder aufgehoben wird, welcher eine weitere Komplizierung der an der Kreuzung untergebrachten Geräte zur Folge hat, muß die Zukunft lehren. Die Verwendung von Verstärkern in dieser Form steht jedenfalls im Gegensatz zu den Bestrebungen, im Interesse geringer Störanfälligkeit sowie raschster und leichtester Störungsbeseitigung die Steuergerä-

räte in den Fernsprechämtern zusammen zu fassen und nur die Schaltrelais für die Signallampen im Schaltgerät an der Straßenkreuzung unterzubringen<sup>2</sup>. PR

DK 656.05

**Die Verkehrszeichen-Regelung in Amsterdam.** [Nach M. Peekema: De Ingenieur 62 (1950) S. V 25; 12 S., 15 B.]

Ausgehend von den beiden Grundarten selbsttätiger Verkehrsregelung in Anpassung an die jeweilige Verkehrsdichte wird das zentralisierte Regelsystem behandelt. Die Bedienungs- und Steuerungsorgane im Hauptamt der Polizei stehen über eine Hauptzentrale mit den Unterzentralen in Verbindung. Letztere sind in den Fernsprechzentralen untergebracht, um die Reserveadern der die Verkehrskreuzungspunkte berührenden Kabel auszunutzen. Weitere Vorteile sind Schutz vor Staub und Feuchtigkeit sowie ständige Verfügbarkeit von Fachmonteuren. Das Gerät jeder gewünschten Verkehrskreuzung ist durch Wählscheibe vom Hauptamt aus erreichbar und durch Drucktasten in Betrieb zu setzen. Anordnung und Funktion der Verkehrsschwellen, Stopstreifen und Signallampen je nach den örtlichen Gegebenheiten werden erörtert. Eine Abbildung erläutert anschaulich die Schaltung der 4 Farbkombinationen für beide Fahrtrichtungen mit Hilfe zweier Relais und zweier Kabeladern. Verschiedene Systeme werden kurz in ihren Funktionen und Wechselbeziehungen zwischen Hauptdurchgangs- und Querverkehr erwähnt und das Prinzip-Schaltbild nach den 4 örtlich verschieden gelegenen Abschnitten getrennt eingehend beschrieben. Die Leidestraat, eine Hauptverkehrsader nach der Amsterdamer Innenstadt, enthält auf einer Strecke von 935 m verteilt 15 Verkehrskreuzungen. Die Lichtsignale sind vorwiegend im Synchronismus mit einer Cyclusdauer von 120 s bei einer durchschnittl. Geschwindigkeit des Verkehrsstroms von 24 km/h. Inbetriebnahme: 1. Februar 1950. Installationskosten je Verkehrskreuzung der geschilderten Art: rd. 24 000 DM, Kosten für Betrieb und Wartung je Kreuzungspunkt und Jahr: rd. 4500 DM. Vi

## Bergbau

DK 621.3 : 622.361

**Schutz gegen Berührungs- und Brandgefahr an elektrischen Anlagen unter Tage.** [Nach A. Stormanns: Glückauf 86 (1950) S. 889; 13 S., 27 B.]

Im § 3c) der VDE-Vorschriften 0100/VII.44 sind Maßnahmen zum Schutze gegen zu hohe Berührungsspannungen vorgeschrieben, welche in elektrischen Anlagen anzuwenden sind, in denen zu hohe Berührungsspannungen auftreten und von Menschen überbrückt werden können. Drei dieser Maßnahmen, nämlich Isolierung, Schutzerdung und Nullung sind nach § 6 der VDE-Vorschriften 0118 für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage zugelassen. Beide Vorschriften befinden sich z. Zt. in Neubearbeitung, weshalb die einzelnen Methoden, ihre besondere Eignung für die Anwendung im Bergbau unter Tage und für erforderlich gehaltene Ergänzungen der Vorschriften geprüft, die Möglichkeiten beschrieben und anhand zahlreicher Schaltskizzen erläutert werden.

Zunächst werden Isolierung, Schutzerdung, Schutzleitungssystem und Nullung unter Berücksichtigung der an sie zu stellenden und der von ihnen gestellten Bedingungen bei Einsatz im Bergbau unter Tage kritisch betrachtet. Nachdem hierbei festgestellt wurde, daß diese Maßnahmen zwar einen Schutz gegen das Auftreten zu hoher Berührungsspannungen darstellen, jedoch unter den gleichen Voraussetzungen feuergefährliche Fehler in Gestalt unvollkommener Kurzschlüsse auftreten können, wird untersucht, welche Mittel hiergegen zur Verfügung stehen. Als solche werden die Summenstrom-Schutzschaltung, die Fehlerspannungs-Schutzschaltung und die Thyatron-Schutzschaltung genannt und näher untersucht. Da bei Anwendung des Schutzleitungssystems nach § 6b) 2. der VDE-Vorschriften 0118 an irgendeiner Stelle des Netzes eine zuverlässig arbeitende Isolationsprüfeinrichtung vorgesehen werden muß, welche alle auftretenden Isolationsfehler optisch und akustisch anzeigt, werden anschließend die Glimmlampenschaltung von SSW, das A-Isometer der Calor-Emag AG, System B e n d e r, und der Isolationsmesser von W i l k e behandelt.

Nach kurzem Hinweis auf die an die Durchschlagsicherungen zu stellenden Forderungen werden die Schrämschutz-

schaltungen der Calor-Emag, der SSW und der Land- und Seekabelwerke näher betrachtet. Abschließend wird noch auf die besonderen Erfordernisse der Strebbeleuchtung und ihrer Leitungen eingegangen und hierbei der Leitungswächter von Grü m e r anhand von Schaltskizzen in seiner Wirkungsweise beschrieben. PR

## Hochfrequenztechnik

DK 621.3.0137

**Zur Frage der Weiterentwicklung des Problems der Funkeinflussung. Stellungnahme zum HF-Gesetz<sup>1</sup>.** [Nach A. Denhardt und K. Sachs: Elektrizitätswirtsch. 50 (1951) S. 9.]

Fünf kurze Abschnitte der Verfasser behandeln: „I. Kennzeichen der zur Regelung von Beeinflussungsfällen üblichen Verfahren“, „II. Entwicklung der Behandlung der Rundfunkentstörung“, „III. Kennzeichnung der neuen Lage des Rundfunks nach dem Abkommen von Kopenhagen“, „IV. Zur Frage der Notwendigkeit einer gesetzlichen Regelung“, „V. Geltungsbereich des HF-Gesetzes“. Die letzten Sätze des fünften Abschnittes lauten: „Der von der Deutschen Post vertretene Standpunkt, das Gesetz finde auf alle Fälle auf tretender hochfrequenter Ströme Anwendung, muß deshalb zurückgewiesen werden. Das gilt um so mehr, als die Post ihrem rechtsirrigen Standpunkt darüber hinaus kürzlich noch Niederschlag in einer Verwaltungsanweisung zum Gesetz über den Betrieb von Hochfrequenzgeräten gegeben hat.“

Die „Stellungnahme“ schließt mit „VI. Zusammenfassung“, die im Wortlaute des Originals folgt:

„Die Notwendigkeit der Funkenstörung wird beachtet. Ihre Durchführung kann nur unter gerechter Abwägung aller Interessen geschehen. Sie muß den technisch-wirtschaftlichen Gegebenheiten und den Notwendigkeiten des Wirtschaftslebens vernünftig Rechnung tragen. Sie kann nach dem derzeitigen Stand der Technik nur in freiwilliger Zusammenarbeit aller beteiligter Partner hinreichend befriedigend gelöst werden. Eine gesetzliche Regelung mit der von der Post bezüglich des HF-Gesetzes in Anspruch genommenen umfassenden Auslegung wird abgelehnt. Die dem HF-Gesetz von der Post gegebene Interpretation ist unrichtig. Sie ist rechtlich und technisch unhaltbar und unzweckmäßig. Seine Anwendung auf absichtlich HF-Energien erzeugende und verwendende Geräte stehen weder technische noch rechtliche Bedenken entgegen.“

Bezüglich aller anderen Fälle, in denen hochfrequente Schwingungen nur als Nebenwirkung auftreten, bedarf es dagegen vernünftiger, nur gemeinschaftlich zwischen allen Beteiligten<sup>2</sup> zu findenden Lösungen.“

Friedrich List

## Elektroakustik

DK 621.396.99 : 3621

**Elektronische Blindenleitgeräte.** [Nach R. L. Beurle: Electronic Engng. 23 (1951) S. 2; 6 S., 10 B., 1 Taf.]

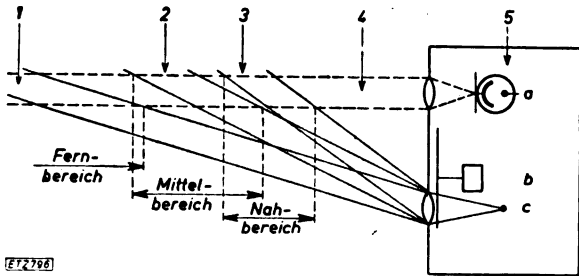
In England wurden Untersuchungen durchgeführt, um die Verwendbarkeit von elektronischen Geräten für Blindenleitgeräte zu überprüfen. Verwendet wurden bei den Geräten Licht- und Schall- sowie Ultraschallwellen. Bei den Lichtwellen arbeitenden Geräten wurden Taschenlampenbirnen oder kleine Bogenlampen verwendet, die Lichtimpulse aussenden. Der ausgesendete Lichtstrahl wird in mehreren Richtungssektoren aufgeteilt, die das Blickfeld des Empfängers (Photozelle) in verschiedenen Abständen schneiden (Bild 2). Den einzelnen Strahlsektoren sind verschiedene Impulsfrequenzen zugeordnet. Befindet sich ein Gegenstand in bestimmter Entfernung im Blickfeld des Empfängers, wird von ihm nur Licht dieses Entfernungsbereiches mit der entsprechenden Impulsfrequenz reflektiert und vom Empfänger aufgenommen. In einem Kopfhörer werden dann die verschiedenen hohen Töne feststellbar.

Bei Geräten, die mit akustischen Schwingungen arbeiten, wird die gleiche Methode der Entfernungsanzeige angewendet. Es werden regelmäßige Impulse ausgesandt und beim Auftreffen auf einen Gegenstand reflektierten Wellen aufgefangen. Die so erhaltenen 2 Impulse (ausgehender und zurückkommender) werden gleich lautstark gemacht und machen sich im Kopfhörer als Doppelknacken bemerkbar.

<sup>1</sup> Betrachtet und bewertet vom Standpunkt der Energieversorgungsunternehmen. Der Referent.

<sup>2</sup> Zu denen Interesse und zahlenmäßig u. a. auch die hörende Allgemeinheit gehört. Der Referent.

<sup>2</sup> Verkehrstechnik (1935) S. 207; Z. Fernmeldetechn. (1938) S. 102 u. 121; ETZ 60 (1939) S. 1057.



1. Lichtbündel für Fernbereich; 2. Lichtbündel für Mittelbereich; 3. Lichtbündel für Nahbereich; 4. Blickfeld des Empfängers (Photozelle); 5. Impulsgeber u. -Empfänger a) Photozelle, b) Impulsgeber für verschiedene Impulsfrequenzen, c) Lichtquelle. (Beim Mittelbereich ergibt sich eine leichte Überlappung nach beiden Seiten).

Bild 2. Mit Lichtimpulsen arbeitendes Blindenleitgerät.

bei das Zeitintervall gleich der Zeit für Hin- und Rückweg der Schallwelle ist. Die Änderung dieses Zeitintervalls bei Abstandänderung eines Gegenstandes kann von dem Ohr leicht festgestellt werden und somit gut zur Bestimmung des Abstandes benutzt werden. Der Abstand kann natürlich auf andere Weise auch festgestellt werden. So verwendet z. B. ein Gerät den im Empfänger aufgefangenen reflektierten Impuls, um den Ultraschallsender zu tasten. Es entsprechen damit die Impulsintervalle direkt der Entfernung. Mit allen derartigen Geräten konnten nach Gewöhnung gute Ergebnisse bei der Feststellung von Gegenständen und ihrer Entfernung gemacht werden.

Die bei den Ultraschallgeräten auftretenden Schwierigkeiten lagen vor allem in der Aufgabe, den sehr erheblichen Aufwand an Schaltelementen auf ein Minimum an Raum und Gewicht zu reduzieren und dabei noch eine genügende Lebensdauer der benötigten Batterien zu erhalten. Diese Schwierigkeiten wurden bei einem im hörbaren Bereich der Schallwellen arbeitenden Gerät, dem sogen. „Klicker“, weitgehend ausgeschaltet. Es hat die Form einer Stableuchte von etwa 25 cm Länge und 6 cm Durchmesser mit einem parabolischen Reflektor von etwa 15 cm Durchmesser. Die Schallquelle, ein Piezokristall, befindet sich nahe dem Brennpunkt, um so einen leicht divergierenden Schallkegel zu erhalten. Ein gesonderter Empfänger wurde nicht vorgesehen, da der reflektierte Schall unmittelbar vom Ohr aufgenommen werden soll. Der Piezokristall wird durch einen sich über eine Entladetriode mit kalter Kathode (Glimmstrecke) entladenden Kondensator zu intermittierenden Schallschwingungen relativ hoher Frequenz angestoßen, die ihres Klangbildes wegen zu dem Namen Klicker geführt haben. Der nur wenig sich öffnende Schallkegel ermöglicht eine genügend gute Feststellung einzelner Gegenstände wie Bäume, Lichtmasten usw., die leichte Streustrahlung läßt aber doch Rückschlüsse auf seitlich sich befindende Gegenstände, z. B. Mauern zu, ohne den Klicker direkt darauf richten zu müssen. Nachteilig ergab sich bei der Erprobung des Gerätes, daß bei grobem Straßenverkehr der ausgesandte Schall im Straßenlärm untergeht, und daß gelegentlich Passanten aufmerksam wurden, da das Gerät ja im hörbaren Schallbereich arbeitet. Die Versuchspersonen lernten sehr rasch, die Blindenleitgeräte zu benutzen und konnten sich erheblich schneller auf ihnen nicht bekannten Wegen orientieren. Bei ihnen bekannten Wegen zeigten sich allerdings keine Vorteile bei der Benutzung der Blindenleitgeräte, so daß derartige Geräte voraussichtlich nur zur Schulung und Übung der Blinden erfolgversprechend verwendet werden dürften.

Ba

### Magnetismus

DK 538.114

Wo befindet sich das Knie der Magnetisierungskurve? [Nach V. A. Kozelj: Elektrotechn. vestnik 16 (1948) H. 2—3, S. 28; 2<sup>1/2</sup> S., 4 B.]

K. M. Kohler<sup>1</sup> hat 1929 festgestellt, daß das Knie der Magnetisierungskurve dort liegen muß, wo der geringste Krümmungsradius der Kurve besteht. Wenn wir jedoch den Maßstab verändern, z. B. den Maßstab für  $H$  verkleinern, dann wird der Wert des Krümmungsradius verändert und auch die Lage des Punktes der größten Krümmung.

V. A. Kozelj zieht daraus den Schluß, daß wir den Knipunkt nicht nur geometrisch betrachten dürfen, wir müs-

sen das Knie so definieren, daß es von dem Zeichenmaßstab unabhängig ist; der Begriff des Knies muß physikalisch begründet sein. Das ist z. B. bei der Hysteresisschleife der Einzelkristalle klar zu ersehen. Nach Kozelj ist das Knie also der Punkt der größten Permeabilitätsänderung  $d\mu/dH$ . Der Autor betrachtet die ausdrucksvollere Kurve  $\mu = dB/dH$ , wo  $\mu$  Permeabilität ist,  $B$  die magnetische Induktion und  $H$  die magnetische Feldstärke.  $\mu$  kann durch graphische Derivation bestimmt sein, die genauen Tangenten können mit einem Spiegel oder mit dem Askania-Derivator bestimmt sein. Die auf diese Weise entstandene  $\mu$ -Kurve ( $B-H$ ) ist physikalisch begründet und es ist klar, daß der günstigste Arbeitspunkt dort liegt, wo  $\mu$  am größten ist. Deswegen macht der Autor den Vorschlag, das Knie soll als der Punkt der steilsten Änderung des Anstiegs der Magnetisierungskurve  $(d^2B/dH^2)_{max}$  definiert sein. So ist das Knie durch den Punkt und nicht durch die Zone definiert. Mathematisch erfordert das  $d^3B/dH^3 = 0$ , d. h. das Knie der Magnetisierungskurve befindet sich beim Inflexionspunkt der Kurve. Dieser Punkt ist vom Zeichenmaßstab unabhängig. MBY

DK 538.221

Die Abweichungen vom Rayleighschen Gesetz der Magnetisierung eines ferromagnetischen Werkstoffes. [Nach H. D. Bush: Nature 166 (1950) S. 401.]

Die Untersuchung der unstatigen Barkhausensprünge der Magnetisierung  $J$  bei hartgezogenem und geglühtem Eisen und Nickel in Abhängigkeit von der magnetisierenden Feldstärke  $H$  ergibt nur eine geringe Anzahl solcher Barkhausensprünge in dem Feldintervall, wo das Rayleighsche Gesetz  $J = aH + bH^2$  gilt. Das trifft zu bei  $Fe_{hart}$  bis 2,2 Oe ( $H_c = 6,8$  Oe), bei  $Fe_{weich}$  bis 0,38 Oe ( $H_c = 1,05$  Oe), bei  $Ni_{hart}$  bis 4,3 Oe ( $H_c = 10,5$  Oe) und bei  $Ni_{weich}$  bis 0,32 Oe ( $H_c = 1,2$  Oe). Das Glied  $bH^2$  charakterisiert kleine irreversible Verschiebungen der Bloch-Wände zwischen den Elementarbereichen über kleinere Energiestörungen, die im Werkstoff unregelmäßig verteilt sind und durch innere Spannungsschwankungen oder Einschlüsse zustande kommen. Die größeren irreversiblen Wandverschiebungen der gleichen Art über die jeweils größten Energiehindernisse bedingen das Außerkräfttreten des Rayleighschen Gesetzes und treten ungefähr bei einem Magnetfeld auf, das dem Wert der Koerzitivkraft (für die untersuchten Proben oben gleichfalls angegeben) entspricht. In der Tat wurde auch die Hauptmasse der Barkhausensprünge bei magnetisierenden Feldern zwischen der Grenzfeldstärke der Gültigkeit des Rayleighschen Gesetzes und der Koerzitivkraft beobachtet.

Fbch

### Physik

DK 421.317.3 : 537.533

Optische Aufnahme des Raumladungsfeldes in einem Magnetron. [Nach Electronic Enghq. 23 (1950) S. 476; 2 S., 1 B.]

Da die Kenntnis des Raumladungsfeldes eines Magnetrons für die UKW-Technik sehr wichtig ist und die Theorie gezwungen ist, so weitgehende Vereinfachungen einzuführen, daß ihre Ergebnisse fragwürdig sind<sup>1</sup>, wurde im American National Bureau of Standards von D. L. Reverdin folgende Anordnung zur experimentellen Ermittlung der Feldverteilung entwickelt: In ein größeres Entladungsgefäß wurde eine Magnetronanordnung mit achsialem elektronenspendendem Glühdraht, konzentrischem Anodenzylinder und umhüllender, das achsiale Magnetfeld liefernder Spule eingebaut. An einem Ende des Entladungsgefäßes befand sich eine Elektronenquelle, die durch einen sehr feinmaschigen Drahtschirm hindurch einen den ganzen Querschnitt des Magnetrons gleichmäßig erfüllenden Elektronenstrahl schickte. Auf ihn wirkte das Magnetfeld des Magnetrons als Sammellinse. Die Elektronen liefen parallel durch das Magnetron hindurch und wurden beim Verlassen des Magnetfeldes hinter dem Magnetron zu einem Brennpunkt vereint, hinter dem sie wieder divergierten und ein zweites feinmaschiges Drahtnetz passierten, um endlich auf einen Leuchtschirm zu fallen, so daß auf ihm ein scharfes Bild beider Gitter abgebildet wurde. Sobald nun eine Spannung zwischen Glühkathode und Anode des Magnetrons gelegt wurde, wurden die Elektronen durch das entstandene Raumladungsfeld abgelenkt, der Schatten der Drähte des Schirms verschob sich und aus der Größe der Verschiebung ließ sich mit Hilfe einer einzigen Aufnahme die Feldstärke in jedem beliebigen Abstand

<sup>1</sup> Über die Lage des sogenannten „Knies“ bei der Magnetisierungskurve. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 46 (1929) S. 1141.

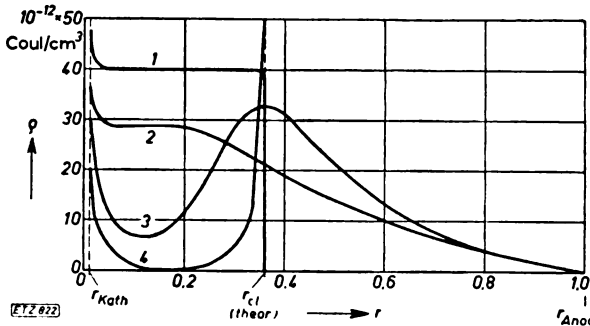
<sup>1</sup> Vgl. a. ETZ 71 (1950) S. 500.

von der Glühkathode bis zur Anode bestimmen. Es zeigte sich, daß die wirkliche Raumladungsverteilung eine wesentlich andere ist, als die Theorie voraussagt. Ferner ergab eine gewisse Unschärfe der Schattenlinien ein Urteil über den Rauschfaktor der Röhre, was noch näher untersucht werden soll.  
Gsch

KD 621.385.16 : 621.385.833

**Elektronenoptische Untersuchung der Raumladung in einem Magnetron.** [Nach D. L. Deverdin: J. appl. Phys. 22 (1951) S. 257; 6 S., 13 B.]

Die elektronenoptische Schattenmethode von Marton und Lachenbruch<sup>1</sup> wird zur experimentellen Bestimmung der Raumladungsverhältnisse im Magnetron in etwas erweiterter Form angewendet. Diese Methode besteht darin, die Ablenkung eines Elektronenstrahls in einem elektrischen oder magnetischen Feld dadurch sichtbar zu machen, daß ein divergentes Elektronenbündel ein Drahtnetz durchsetzt und dadurch in viele einzelne Strahlen aufgelöst wird. In Abwesenheit von ablenkenden Feldern erscheint auf einem Leuchtschirm die Schattenabbildung dieses Drahtnetzes, in



- 1 Theoretisch nach Hull und Brillouin (steiler Abfall am Rand der Raumladungswolke  $r_{cl}$ ) (Phys. Rev. 18 (1921) S. 31; 23 (1924) S. 112; 60 (1941) S. 385).
  - 2 Üblicher Verlauf experimentell nach dieser Arbeit.
  - 3 Spezieller, selten zu erhaltender Fall einer ausgesprochen ringförmigen Raumladungswolke mit Maximum an der Stelle  $r_{cl}$ , von den Verfassern dem Fall besonders guter Justierung der Kathode in der Magnetronachse zugeschrieben.
  - 4 Theoretischer Verlauf nach numerischen Rechnungen von Page und Adams (Phys. Rev. 69 (1946) S. 494).
- Bild 3. Raumladungsverteilung im Magnetron als Funktion des Radius:

Anwesenheit von ablenkenden Feldern ist das Bild verzerrt, wobei aus der Größe der Verzerrung sich die einwirkende Feldstärke und aus dieser schließlich die Raumladungsverteilung ermitteln läßt. Zwecks besserer Auswertbarkeit hat der Verfasser ein zweites gleiches Drahtnetz im Strahlengang hinter dem Magnetron eingefügt, so daß die Verzerrung des ersten Drahtnetzes sich quantitativ gegen den Schatten des nichtverzerrten zweiten Netzes ablesen läßt. Das wesentliche Ergebnis der Arbeit ist in Bild 3 enthalten.  
Kth

**Verschiedenes**

**Deutsche Forschungsgemeinschaft**

Die „Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft“ hielt in Köln am 2. August 1951 im Anschluß an die Rektorenkonferenz eine außerordentliche Mitgliederversammlung ab. Die Versammlung hat die Vereinigung der „Notgemeinschaft“ mit dem „Deutschen Forschungsrat“ zur „Deutschen Forschungsgemeinschaft“ mit Wirkung vom 15. August 1951 beschlossen. Zum hauptamtlichen Präsidenten der DFG wurde Prof. Dr. Flachsbarth (Hannover), zu ehrenamtlichen Vizepräsidenten die Professoren Gerlach (München), Heisenberg (Göttingen), Raiser (Göttingen) und Spranger (Tübingen) gewählt. Der Vorsitzende des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft, Dr. R. Merton, nimmt an den Sitzungen des Präsidiums mit beratender Stimme teil.  
of

DK 621.3 (083.7)

**Neue Elektronormen.** [Nach Elektronorm 5 (1951) Heft 2, Ausgabe März-April 1951; 20 S.]

Im zweiten Heft der „Elektronorm“ ist der Stand der europäischen Fernsehnorm und eingehend der Inhalt der Neuauflage des Merkblattes über den Aufbau und die Verwendung isolierter Leitungen und Kabel in Fernmeldean-

lagen (VDE 0890/2.51) beschrieben. Kürzere Aufsätze beschäftigen sich mit dem Fortgang der Normung von Freileitungs-Isolatoren, elektrischen Geräten zur Kreislauf-Diagnose und Geräten zur magnetischen Schallaufzeichnung und -wiedergabe. In einer Umfrage über Ausgleichsleitungen für wärmetechnische Meßgeräte werden Stellungnahmen zu den in der Praxis erforderlichen Leitungen dieser Art gewünscht. Erstmals wird ein Geschäftsbericht des Fachnormenausschusses Elektrotechnik (FNE) (für 1950) veröffentlicht, der Auskunft über die FNE-Ausschüsse, die Normungsaufgaben des FNE und seine Finanzierung gibt. Neben einer Liste neuer und zurückgezogener elektrotechnischer Normen sind mit einer ausreichenden Einspruchsfrist neue Normentwürfe über folgende elektrotechnische Teilgebiete im vollen Wortlaut abgedruckt:

Ein Entwurf über rohe Webänder für den Elektromaschinenbau (DIN 40630) legt die Abmessungen, die Gespinstart und deren Bindung und Einstellung sowie die Mindestzerreißfestigkeit fest. — Die Reihe der Stahl-(Nickel-Cadmium)-Akkumulatoren ergänzt ein Entwurf über Robben- und Taschencellen in Sonderausführung für Elektrofahrzeuge (DIN 40756). — Die Änderung der Werte für zulässige Wechselspannung und einiger Maße für die Gehäuselänge und den Lötösenabstand ist aus dem Entwurf einer Neufassung für Metallpapier-Kondensatoren für 160...700 V der Klasse 1 (DIN 41183) zu entnehmen. — Auf dem Gebiet der Fahrleitungs-Anlagen elektrischer Bahnen werden Drehholzen mit Ringnut und Bügelsplante für Fahrdrahtklemmen (Entwürfe DIN 43119 und DIN 43120) vorgeschlagen. — Sehr interessieren dürften alle Fernmelde-techniker die beabsichtigten Festlegungen von Begriffen (Träger, Band, Magnetton, Lösch-, Sprech- und Hörfrequenz, Lösch-, Sprech- und Vormagnetisierungsstrom usw.) aus der Technik der Schallaufnahme- und -wiedergabegeräte zu Band (Entwurf DIN 45510). Diese Norm wird ergänzt durch einen Entwurf über Wickelkerne für Bandaufnahme und -wiedergabegeräte (Entwurf DIN 45515). Das Heft beschließt drei Normentwürfe über Allgebrauchslampen in gewöhnlicher Form (DIN 49810 Bl. 1), über Fahrzeug-Kleinslampen mit 6 oder 12 V Nennspannung (DIN 49840 Bl. 1) und Lichtwurf-Kleinslampen mit 1 Leuchtkörper (DIN 49840 Bl. 1).  
Cs

DK 621.312 (431.1)

**Berliner Elektrozahlen**

Wie der Berliner Senat berichtet, betrug der Brutto-Stromverbrauch von Berlin-West im Juni d. J. 79,1 Mio. kWh (gegenüber 84,4 Mio. kWh im Mai). Die Lieferwerte der Elektroindustrie zeigten im Mai (24 Arbeitstage) mit 56,9 Mio. DM einen leichten Rückgang gegenüber dem Vormonat (April mit 25 Arbeitstagen: 60,1 Mio. DM). Die Zahl der Beschäftigten stieg auf 61 274 Personen an; die Monatsleistung je Beschäftigten sank auf 92 DM, die Zahl der geleisteten Arbeiterstunden um rund 2% — beides bedingt durch die Zahl der Feiertage und der anlaufende Urlaubssaison.

Der Export der Westberliner Elektroindustrie sank zum im Berichtsmonat um etwa 24%, jedoch zeigt der Auftrags-eingang weiterhin eine steigende Tendenz.

Rückläufig war die Produktion von Glühlampen, Rundfunkgeräten sowie Akkumulatoren und Batterien; sie stieg bei Kabeln, Meßgeräten, Zählern und elektromedizinischen Apparaten.

Die Rohstoffschwierigkeiten verstärkten sich, verursachten aber bisher keine größeren Produktionsausfälle.

Die Preise elektrotechnischer Fertigfabrikate hielten sich im wesentlichen auf der Höhe des Vormonats. Die Rundfunkgeräte der neuen Saison sind um 10 bis 15% teurer als die des Vorjahres, weisen aber beachtliche Neuerungen und Qualitätsverbesserungen auf. Ihre Fertigung ist angelehnt und der Markt scheint sich zufriedenstellend zu entwickeln.

Die Umsätze im Elektro- und Rundfunkgroßhandel zeigten leichte Rückgänge; Ausnahmen bildeten das Kühlschrankschäft (infolge der sehr günstigen Teilzahlungsbedingungen der BEWAG) und der verbilligte Absatz der Rundfunk-Ausverkaufstypen. Das Koffer-Radio-Geschäft entwickelte sich infolge der ungünstigen Wetterverhältnisse nicht ganz den gehegten Erwartungen.

Die Einzelhandelsgeschäfte hatten verhältnismäßig geringe Umsätze; eine gewisse Belebung brachten die gestiegenen Teilzahlungsbedingungen des Elektrissima-Systems der BEWAG.  
Ez

<sup>1</sup> J. appl. Phys. 20 (1949) S. 1171.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6.

Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachung

##### Änderung von VDE 0210 beabsichtigt

Im Zuge der im Gange befindlichen vollständigen Neubearbeitung von VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“ hat die VDE-Kommission 0210 „Starkstrom-Freileitungen“ Änderungen zu den §§ 9, 16, 20, 21, 22, 25, 35, 36 ausgearbeitet. Diese Änderungen sind als Entwurfs-Sonderdruck VDE 0210 o./..52 durch den VDE-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, zum Preise von 3,— DM zu beziehen. Es ist beabsichtigt, sie baldmöglichst in Kraft setzen zu lassen. Einsprüche und Anregungen zu diesem Entwurf können bis zum 15. November 1951 an die VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende  
Bürklin

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

##### Entwurf für die Neufassung von VDE 0265

Der Arbeitsausschuß „Isolierte Starkstromleitungen“ der VDE-Kommission „Kabel und Leitungen“ hat unter Vorsitz von Obering. Heintzelmann einen Entwurf für die Neufassung von

VDE 0265 „Vorschriften für Gummibleikabel und Kunststoffbleikabel in Starkstromanlagen“ ausgearbeitet.

Es ist geplant, diese Vorschrift ab 1. Januar 1952 in Kraft zu setzen und die Herstellung nach den bisherigen Vorschriften (VDE 0265/XII.42) noch bis zum 30. Juni 1952 zu gestatten. Kabel aus Lagerbeständen, die noch nach VDE 0265/XII.42 hergestellt sind, sollen noch bis zum 30. Juni 1953 verlegt und angeschlossen werden dürfen.

Der Entwurf der Neufassung kann zum Preise von 2,50 DM beim VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

Einsprüche gegen diesen Entwurf und gegen die geplanten Termine für die In- und Außerkraftsetzungen können bis zum 15. November 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Vorsitzende  
der VDE-Kommission  
„Kabel und Leitungen“  
Förster

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

## SITZUNGSKALENDER

- Aachen:** ETV Aachen, Weberstr. 57  
8. 10. 51, 18.00, Kleiner Hörsaal des Rogowski-Institutes der Techn. Hochschule: „Die Planung der Landesfernwahl in Deutschland“, Oberpostrat Dipl.-Ing. P. P f i r s c h k e, Aachen.
- Hamburg:** VDE-Bezirk Hansa, Hamburg 1, Gerhart Hauptmann-Pl. 48  
10. 51, 17.15, Ing.-Schule Hamburg, Lübecker Tor 24: „Weiterentwicklung des Dampfprozesses im deutschen Kraftwerksbau“, Dipl.-Ing. P i n k.
- Köln:** VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5  
2. 10. 51, 17.30, Haus der Technik, Köln, Ubierring 48: „Der Entwicklungsstand im Großtransformatorbau“, Dr. B ö c k e r, Munnheim.
- München:** ETV München, Blumenstr. 8  
5. 10. 51, 17.30, Vortragssaal 2 des Dt. Museums: „Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetz“, Dr. T h i e r b a c h, München.
- Nürnberg:** ETG Nürnberg, Sandartstr. 30  
10. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum Nürnberg: „Die Entwicklung der Fernamstechnik“, Dipl.-Ing. R o h d e, München.
- Tübingen:** ETV Tübingen  
10. 51: „Lösung von Regelaufgaben mit Stromrichter und Elektronenrohr“, Dr. F ö r s t e r.
- Wuppertal:** VDE-Bezirk Bergisch-Land, Wpt.-Elberfeld, Neumarktstr. 52  
1. 10. 51, 20.00, Vortragssaal der Stadtbücherei: „Erdungsfragen und ihre Lösung“, Prof. Dr.-Ing. H. F. S c h w e n k h a g e n, Wuppertal.
- Berlin:** Außeninstitut der Technischen Universität, Berlin-Charlottenburg  
ab 13. 11. 51, dienstags: Vortragsreihe „Fernsehen“, Prof. Dr. S c h r o e t e r, Madrid; Dr. G u t z m a n n, Nürnberg; Dr. U r t e l, Nürnberg; Dr. R u n g e, Berlin; K. W a g e n f ü h r, Ham-

burg; Dr. W e r r m a n n, Berlin; Dr. N e s t e l, Hamburg; Dr. M ö l l e r, Darmstadt; Dipl.-Ing. R u d e r t, Darmstadt; Dr. S c h u n a c k, Berlin; Prof. Dr. K i r s c h s t e i n, Darmstadt; Prof. Dr. K l e e n, Madrid; Prof. Dr. L e i t h ä u s e r, Berlin; u. a. Vom 11. ... 13. 2. 52: Arbeitstagung mit Referaten und Diskussionen.

**Detmold:** Nordwestdeutsche Musik-Akademie, Detmold  
3. 10. bis 5. 10. 51: Zweite Tonmeistertagung. Themen: „Die Grenzen der technischen Einflußnahme auf die musikalischen Gestaltungsmomente“, „Klangliche Verbesserung der Rundfunk- und der Schallplattenwiedergabe“, „Künstlerisch-technische Probleme der Tonaufnahmetechnik beim Film“.

**Stuttgart:** Technische Akademie Bergisch-Land, Wuppertal-Vohw.  
15. bis 18. 10. 51, tägl. 8.30 bis 18.00, Hörsaal des Instituts für Theorie der Elektrotechnik, Stuttgart, Breitscheiderstr. 3: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. S c h w e n k h a g e n, Baurat Dipl.-Ing. S c h n e l l, Dr.-Ing. S c h ä f f e r.

## PERSÖNLICHES

**C. Köttgen.** — Der ehemalige langjährige Vorsitzende des Vorstandes der Siemens-Schuckertwerke, Dr.-Ing. e. h. Carl Köttgen, feierte am 29. August in geistiger Frische in Düsseldorf seinen 80. Geburtstag.

Köttgen studierte an der T. H. Berlin bei Prof. S l a b y Maschinenbau. 1894 trat er bei Siemens & Halske in das Büro für Kraftübertragungsanlagen ein, dessen Leitung er drei Jahre später übernahm. Die Einführung der Elektrotechnik in Bergbau, Landwirtschaft, Hütten- und Walzwerke empfing durch ihn fortwirkende Impulse. Die Entwicklung der ersten neuzeitlichen elektrischen Schachtfördermaschinen, der elektrischen Schlepsschiffahrt, sowie der elektrischen Walzwerksantriebe gehört zu seinen Pionierleistungen. Der Nutzenwendung der Elektrotechnik für die Industrie im weitesten Umfang ist sein Lebenswerk gewidmet.

1905 wurde Köttgen Mitglied des Vorstandes der Siemens-Schuckertwerke, 1907 trat er in die Leitung der Londoner Tochterfirma Siemens Brothers ein, 1919 wurde ihm in Berlin die Leitung der Zentralwerksverwaltung, ein Jahr später wegen seiner überragenden technischen und organisatorischen Fähigkeiten der Vorsitz des Vorstandes der Siemens-Schuckertwerke übertragen.

Durch zahlreiche Veröffentlichungen über elektrotechnische und wirtschaftliche Probleme ist der Name Köttgens weit in der Fachwelt bekannt geworden. Ihm wurden viele Ehrungen zuteil und zahlreiche Ehrenämter übertragen. 1920 verlieh ihm die T. H. Berlin die Würde eines Dr.-Ing. e. h. Er führte den Vorsitz in folgenden technisch-wissenschaftlichen Vereinen und wirtschaftlichen Organisationen: 1926 ... 1927 Elektrotechnischer Verein, Berlin, 1929 ... 1931 Verein Deutscher Ingenieure, 1930 ... 1934 Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. 1930 wurde ihm als Krönung seiner Ingenieur-Laufbahn der Vorsitz der 3. Weltkraftkonferenz in Berlin übertragen.

Die ETZ wünscht dem Jubilar noch viele Jahre guter Gesundheit. R

**Jubiläum.** — Direktor Dr. Konrad Sichling beging am 7. September sein 40jähriges Dienstjubiläum bei der Osram GmbH., nachdem er 1919 dem Glühlampenwerk der AEG beitrug. Den Jubilar, der heute Geschäftsführer der Berliner Osram-Werke ist, zeichnet eine starke Bindung an die Praxis der Fertigung aus. fi

## BUCHBESPRECHUNGEN

**VDE-Fachberichte.** Band 14 (1950). Mit 164 S., 267 B., zahlreichen Tafeln, Format DIN A 4, Kunstdruckpapier. VDE-Verlag GmbH., Wuppertal und Berlin 1950. Preis kart. 19,— DM, für VDE-Mitglieder 15,— DM.

Nach einer langen Unterbrechung durch den Krieg erschienen die VDE-Fachberichte der beiden ersten Jahrestagungen in vereinfachter Form im Umdruckverfahren. Zum erstenmal liegt nun wieder nach dem Kriege ein Fachberichtband in friedensmäßiger Ausführung vor. Er enthält die insgesamt 36 Fachberichte, die auf der Jahreshauptversammlung in Köln im Mai 1950 in 9 Gruppen vorgetragen wurden.



In den Fachgruppen Energieübertragung und Hochfrequenzgeräte und -übertragung liegen je 6 Fachberichte vor, in den Fachgruppen elektrische Maschinen, Elektrophysik und Meßtechnik je 4 und in den Fachgruppen elektrische Bahnen und Installationstechnik, Drahtfernmeldetechnik und Elektronik je 3.

Die Fülle des vorgetragenen Materials verbietet ein Eingehen auf den Inhalt im einzelnen. Es muß also genügen, darauf hinzuweisen, daß dieser Fachberichtband in ähnlicher Weise wie seine Vorgänger und fast in gleicher Weise wie die Fachberichtbände vor dem Kriege einen ausgezeichneten Querschnitt durch die Fragen vermittelt, die die Elektrotechnik in der Gegenwart bewegen. Aber auch wer mehr sucht als nur einen solchen Querschnitt, wird durch den Inhalt der Einzelberichte (und der mit abgedruckten Diskussionen über die Berichte) so viele wertvolle Mitteilungen und Anregungen erhalten, daß es sich selbst dann lohnen wird den Gesamtband zu kaufen, wenn nur eine Fachgruppe oder vielleicht nur ein einzelner Bericht daraus für den eigenen Interessenkreis wesentlich erscheint. Für jeden Leser der ETZ dürfte der Fachberichtband eine wertvolle Ergänzung der Mitteilungen darstellen, die er durch die ETZ laufend erhält.

H. F. Schwenkhagen

DK 51 : 53 : 54 (083.3)

**Formulaire général de Mathématiques, Physique et Chimie.** Von M. Denis-Papin. Mit 172 S., zahl. B. u. Taf., Format 11×16 cm. Librairie Fernand Nathan, Paris 1950. Preis ffrs. 280,—.

Die handliche Formelsammlung, bestimmt als Gedächtnisstütze für die Examenskandidaten der französischen naturwissenschaftlichen Schulen, umfaßt die elementare Mathematik einschließlich der Mechanik, weiterhin die Hauptgebiete der Physik und schließlich einen kurzen Abriss der Chemie.

U. Graf

DK 537 (022.3)

**Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. II: Elektrizitätslehre.** Von L. Bergmann u. Cl. Schaefer. Mit 501 u. VIII S., 652 B., Format 18×25 cm. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Preis Glw. 28,— DM.

Die bei der Besprechung des ersten Bandes dieses Werkes (Mechanik, Akustik, Wärmelehre) gewürdigten Vorzüge treffen auch auf den jetzt vorliegenden zweiten Band, der die Elektrizitätslehre behandelt, zu. Sein Inhalt ist durch Angabe der Kapitelüberschriften: „Elektrostatik, Magnetostatik, Stationäre elektrische Ströme, Das elektrische und magnetische Feld stationärer Ströme, Induktion, Elektrische Schwingungen und Wellen, Elektrolyse, Gasentladungen, Stromleitung in festen Körpern“ hinreichend gekennzeichnet. Die Darstellung ist gut ausgewogen und bringt neben einfachen und eindrucksvollen Versuchen, aus denen die grundlegenden Gesetze entwickelt werden, auch viele einfache und durchsichtige theoretische Überlegungen. Der makroskopische und der atomistische (elektronentheoretische) Standpunkt kommen hierbei in gleicher Weise zur Geltung. Den technischen Anwendungen, von den elektrischen Maschinen bis zur Elektrolyse, wird breiter Raum gewidmet. Methoden, Entwicklungen und Ergebnisse aus der neueren Zeit werden berücksichtigt, so Massenspektrograph und Zyklotron (der van de Graff-Generator und das Betatron hätten allerdings mit demselben Recht erwähnt werden können), die Methoden zur Sichtbarmachung oder Zählung von Elementarteilchen, Höchstdrucklampen und Spektrallampen, die elektrische Leitung in Kristallen und Halbleitern.

Der Elektrotechniker wird vielleicht das treffliche Wort „Durchflutung“ und die Bezeichnung „Durchflutungsgesetz“ vermissen. Stören dürfte ihn die durchgehende Verwendung des Gaußschen Maßsystems; kurze Gegenüberstellungen der wichtigsten Gesetze im Gaußschen und im sog. praktischen System erleichtern es ihm zwar, sich in den Formeln zurechtzufinden; aber leider wird das Durchflutungsgesetz im praktischen System in der Gestalt  $\oint \mathfrak{H}$ ,  $ds = 0,4\pi \cdot I$ , statt richtig  $= I$  geschrieben. Einige Worte zum Begriff der Größengleichungen, ebenso wie eine Bemerkung, daß das praktische System ein in sich geschlossenes System ist, welches sich auf vier unabhängige Einheiten gründet, wären gerade bei der Besprechung des praktischen Systems nützlich gewesen.

Diese Bemerkungen sollen jedoch den Wert des Buches nicht schmälern. Zweifellos kann sich neben dem Physiker auch der angehende Elektroingenieur an seiner Hand über

die grundlegenden Erscheinungen und Gesetze der Elektrizitätslehre und ihre Anwendungen ausführlich und gut unterrichten.

J. Meixner

DK 621.316 (022.3)

**Physik dünner Schichten.** Teil I: Herstellung, Dickenmessung, optische Eigenschaften. Von Prof. Herbert Mayer. (Bd. v. Physik und Technik.) Mit 326 S., 142 B., 39 Taf. Format 17×24 cm. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1950. Preis Glw. DM 34,—.

Zunächst gibt der Autor eine Klarstellung des Begriffes „dünne Schicht“ als eine besondere Zustandsform der Materie. Hierauf folgt eine recht übersichtliche Zusammenstellung der verschiedenen Methoden der Herstellung solcher Schichten und der Bestimmung ihrer Dicke auf mechanischem, elektrischem, chemischem und optischem Wege. Mit einer eingehenden Betrachtung der Oberflächenbeschaffenheit solcher Schichten finden die ersten drei Kapitel ihren Abschluß. Das letzte Kapitel, das umfangreichste, behandelt die Optik dünner Schichten. Hierbei geht der Autor ebenso ausführlich wie gründlich vor. Zunächst werden mit den allgemeinen Wellengleichungen beginnend die Grundgesetze der Lichtausbreitung in homogenen und inhomogenen Medien, insbesondere an Grenzflächen und in dünnen Schichten besprochen, ebenso auch die Polarisationsercheinungen. Der Behandlung des Reflexions-, Durchlässigkeits- und des Absorptionsvermögens dieser Schichten sind sehr umfangreiche Betrachtungen gewidmet. Anschließend werden die verschiedenen Intensitäts-, Polarisations- und Interferenzmethoden zur Bestimmung der optischen Konstanten besonders nach der theoretischen Seite in größter Ausführlichkeit beschrieben. Mit einigen praktischen Anwendungen dünner Schichten als Interferenzfilter und Polarisator schließt der I. Band dieses zweibändigen Werkes.

Das Buch ist klar und verständlich geschrieben, die Darstellung recht anschaulich und übersichtlich. Der Leser ist überrascht, welche wichtige Rolle die dünnen Schichten in der Physik spielen. Bei der Auswahl des Stoffes ist stellenweise das Experiment etwas zu kurz gekommen. Der vorliegende Band schließt eine bisher bestehende Lücke in der deutschen Literatur. Hier findet der Physiker und auch der Techniker all' das meisterhaft zusammengetragen vor, was nach er bisher vergeblich gesucht hat. Wertvoll ist auch die umfassende Literaturzusammenstellung über dieses Fachgebiet, die das Schrifttum des In- und Auslandes berücksichtigt, sowie das umfangreiche Tabellenmaterial im Anhang.

Hans Richter

DK 535—1 (022.3)

**Physik und Technik der Ultrarotstrahlung.** Von Werner Brügge. Mit 250 S., 158 B., 14 Taf., Format DIN A 4. Kurt R. Vincentz-Verlag, Hannover 1951. Preis Glw. 28,— DM.

Neben der Anwendung in der Photographie, Medizin und Nachrichtentechnik hat die Ultrarotstrahlung in jüngerer Zeit ein Anwendungsgebiet in der Trocknungstechnik erobert, dessen industrielle Bedeutung noch nicht restlos abzusehen ist. Die früheren Anwendungen verliefen in ständiger Übereinstimmung mit der entsprechenden wissenschaftlichen Grundlagenforschung, dagegen führte sich die Ultrarot-Trocknungstechnik zunächst hastig ohne Klärung der grundsätzlichen Fragen ein. Es ist deshalb zu begrüßen, wenn nunmehr eine zusammenfassende wissenschaftliche Darstellung erschien, die in ihrer glücklichen Abstimmung von theoretischen Grundlagen und praktischen Hinweisen eine wesentliche Ergänzung zu den bisher verstreuten deutschen Veröffentlichungen darstellt. Der Leserkreis wird sich infolgedessen im gleichen Maße aus Wissenschaftler der Universitäten und Hochschulen und aus Ingenieuren der verschiedensten Industriezweige zusammensetzen. Die Grundlagen der Erzeugung und Messung von Ultrarotstrahlen werden übersichtlich und exakt geschildert und die Anwendungen in Photographie, Medizin, Nachrichtentechnik, Chemie, Trocknungs- und Härtungstechnik weitgehend behandelt.

Begreiflicherweise konnten bei dem Umfang des Buches die für den Chemiker wichtigen Ultrarotspektren nicht ausführlich wiedergegeben werden, da sie bereits ein eigenes Buch ausfüllen könnten. Andererseits wäre es zu begrüßen, wenn das Literaturverzeichnis mit 93 Zitaten in Anbetracht des verstreuten Fachschrifttums später eine Erweiterung erfährt. Auch wäre ein Hinweis auf die international verwendeten und an die Lichttechnik angelehnten Begriffen der Strahlungstechnik angebracht.

Durch das Erscheinen des Buches wird eine von Fachkreisen empfundene Lücke geschlossen. Eine weite Verbreitung wird daher unausbleiblich sein. F. Lauster

DK 621.38/39 (058)

**Advances in Electronics.** Bd. I. Hrsg. L. Marton. Mit 475 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15,5×23 cm. Academic Press Inc., New York 1948. Preis Glw. US \$ 9,—. Bezug durch Minerva GmbH., Frankfurt a. M., Wormserstr. 21.

**Advances in Electronics.** Bd. II. Hrsg. L. Marton. Mit 378 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15,5×23 cm. Academic Press Inc., New York 1950. Preis Glw. US \$ 7,60. Bezug durch Minerva GmbH., Frankfurt a. M., Wormserstr. 21.

Die beiden vorliegenden Bände leiten das Erscheinen eines neuen Jahrbuchs der Elektronik ein. Die Gründe, die der Herausgeber L. Marton, der bekannte Fachmann für Elektronenmikroskopie, für die Notwendigkeit eines solchen Werkes anführt, sind einerseits die immer steigende Zahl von Originalveröffentlichungen und andererseits der spezielle Sprachgebrauch auf den verschiedenen Spezialgebieten, der ein Eindringen in diese Gebiete von weitgehenden sprachwissenschaftlichen Studien abhängig macht. Dementsprechend soll dieses Jahrbuch die wesentlichen Fortschritte auf den einzelnen hierhergehörenden Teilgebieten in solcher Form bringen, daß die Beiträge dem Fernerstehenden eine gute allgemeine Übersicht liefern und außerdem mit einem sehr vollständigen Verzeichnis der Originalliteratur das tiefere Eindringen erleichtern. Wesentlich für die Erreichung dieses gesteckten Zieles ist dabei offenbar die Auswahl der Mitarbeiter, und man muß hier die glückliche Hand des Herausgebers bewundern: sie haben es durchweg verstanden, die wesentlichen Züge der Entwicklung ohne überflüssiges Beiwerk aufzuzeigen. Besonders lesenswert werden die Beiträge durch die hohe Warte, von der aus sie geschrieben sind, und durch die oft überraschend neuen und interessanten Gesichtspunkte bei der Einteilung des Stoffes. Man gewinnt daher beim genaueren Studium den Eindruck, daß hier oben skizzierte Zweck hier tatsächlich in beispielhafter Weise erreicht wurde.

Der Begriff „Elektronik“ wird dabei in ziemlich weitem Sinn gebraucht, im Gegensatz zu der heute leider vielfach üblichen Degradierung des Wortes im Sinn von Schaltungen mit Elektronenröhren. Es soll die gesamte Physik und Technik des Elektrons behandelt werden: „Elektronengeräte und Elektronenröhren-Schaltungen sind untrennbar mit diesem Thema verbunden, die Diskussion von Schaltungen soll aber n vernünftigen Grenzen gehalten werden“. Das Schwergewicht bei der Behandlung des Stoffes wird in der Darstellung der grundsätzlichen Fortschritte liegen, nicht so sehr in der Beschreibung der Verbesserung und Vervollkommnung von Elektronengeräten mit an sich bekannten Komponenten.

Die Verfasser und Themen der Einzelbeiträge seien zur Orientierung hier angeführt.

**Im Band 1:**

- A. S. Eisenstein: Oxydkathode.
- C. G. McKay: Sekundäremission.
- A. Rose: Fernsehaufnahmeröhren und das Problem des Sehens.
- G. I. Hutter: Die Ablenkung von Strahlen geladener Teilchen.
- G. Inghram: Moderne Massenspektroskopie.
- St. Livingston: Teilchenbeschleuniger.
- A. G. McNish: Ionosphärenforschung.
- W. Herbstreit: Kosmisches Rauschen.
- A. Norton: Probleme des UKW-Rundfunks.
- A. Pierce: Elektronik in der Navigation.

**Im Band 2:**

- Moss (England): Fortschritte im Elektronenröhrenbau im letzten Jahrzehnt, speziell in den Herstellungsmethoden.
- Grivet (Paris): Elektronenlinsen.
- Liebmann (England): Numerische Methoden zur Bestimmung von Feldverlauf und Strahlweg in der Elektronenoptik.
- F. I. Gorlick (England): Theorie und Praxis des Leuchtschirms.
- Fröhlich u. J. H. Simpson (England und Canada): Grundsätzliche Vorgänge beim elektrischen Durchbruch in festen Körpern.
- Hok (USA): Das Mikrowellenmagnetron.
- T. Rado (USA): Ferromagnetische Erscheinungen im Mikrowellengebiet.
- K. Coles (USA): Mikrowellenspektroskopie.

Ein gewisses Vorherrschen der Physik des Elektrons im zweiten Band ist nach Angabe des Herausgebers zufällig bedingt, und im Band 3 soll auch die Technik des Elektrons wieder zu ihrem Recht kommen. Durch die Hinzuziehung von Autoren aus verschiedenen Ländern hofft der Herausgeber, sein Jahrbuch auf eine möglichst internationale Basis zu stellen und den internationalen wissenschaftlichen Gedankenaustausch zu fördern.

R. Kollath

DK 621.355.2 (023.3)

**Bleiakkumulatoren.** Chemie und Technik im Akkumulatorenbau. Von C. Drotschmann. Mit 224 S., 96 B., 64 Taf., Format 17×24,5 cm. Verlag Chemie GmbH., Weinheim a. d. B. 1951. Preis Glw. 19,50 DM.

In 8 Kapiteln verschiedenen Umfanges ist der Verfasser bemüht, ein Bild von der Theorie des Bleisammlers und der Praxis seiner Herstellung zu geben, ein Beginnen, das schon deshalb von großem Wert ist, weil eine wissenschaftlich technische Darstellung dieses Gebietes z. Z. nicht vorhanden war, und das um so größere Anerkennung verdient, als die Schwierigkeiten zur Erlangung von authentischem Material gerade beim Akkumulatorenbau außerordentlich groß sind, wird doch gerade das Wesentliche und Neue von den Herstellern ängstlich geheim gehalten. So muß man dem Verfasser Dank dafür wissen, daß er durch diese Monographie dem außerhalb des Akkumulatorenbaues Stehenden einen Einblick in dieses wichtige Teilgebiet der Technik ermöglicht. Naturgemäß kann bei dieser Sachlage nicht mit einer Vollständigkeit des Gebrachten gerechnet werden. Auch sind viele Fragen im praktischen Akkumulatorenbau wissenschaftlich noch nicht geklärt, teils auch so komplexer Art, daß eine Klärung schwierig sein dürfte. So kommt es wohl, daß die Darstellung nicht immer unter einheitliche Gesichtspunkte gebracht werden konnte und gelegentlich dem Leser die Kritik des wiedergegebenen Materials überläßt. Manche Wünsche bleiben unerfüllt. So hätte der Referent eine eingehende Darstellung des so überaus wichtigen Kälteverhaltens von Starterbatterien und vergleichende Angaben über die Temperaturabhängigkeit ihrer Kapazität sehr begrüßt. Bei den Angaben über die Prüfvorschriften hätten auch die USA-Normen genannt werden müssen, wobei eine allgemeine kritische Betrachtung über das bei Prüfungen zu Fordernde sehr erwünscht gewesen wäre, um so mehr, als z. Z. neue deutsche Vorschriften ausgearbeitet werden. Der Abschnitt über die Cadmium- oder Zinkelektrode erscheint dem Referenten zu kurz. — Trotz allem soll aber nochmals hervorgehoben werden, daß die vorliegende Monographie entschieden zu begrüßen ist, nicht zuletzt wegen der sorgfältigen Sammlung der einschlägigen Literatur.

W. Kan gro

DK 621.317 (023.3)

**Elektrische Meßgeräte und Meßverfahren.** Von Dr.-Ing. P. M. Pflieger. Mit 193 S., 241 B., Format 16×23,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 21,— DM.

Bei diesem, auch im Springer-Verlag erschienenen Buch liegt nahe, es mit dem vor kurzem in neuer Auflage erschienenen Buch von Palm zu vergleichen. Während aber Palm die Meßwerke und Meßschaltungen mehr in den Vordergrund stellt, geht Pflieger von der Meßaufgabe aus, so daß beide Bücher sich wenigstens zum Teil an andere Interessentenkreise wenden, sich andererseits aber auch ergänzen.

Das neue Buch beginnt mit einem eingehenderen allgemeinen Abschnitt über Aufgabe und Vorgang des technischen Messens, über die grundsätzlichen Eigenschaften von anzeigenden Meßgeräten, endlich über die Genauigkeiten der Geräte und der Ergebnisse, die ja nicht übereinzustimmen brauchen. Hier wäre bei den Gleichungen, z. B. (46) und (47), zu wünschen, daß der Näherungscharakter auch durch Verwendung des Zeichens für „ungefähr gleich“ zum Ausdruck gebracht, und daß die Reihenfolge der Vorzeichen beachtet oder ausdrücklich die Summe der verschiedenen Toleranzen geschrieben wird. Bei den Drehspulgeräten sind den Kombinationen mit Trockengleichrichtern und Thermoumformern eigene Abschnitte gewidmet. Eingehend behandelt sind auch die Kreuzspul- und dynamometrischen Geräte. Besondere Abschnitte sind weiter dem Taumelspul-, Weicheisen-, Weicheisenquotienten-, Drehmagnet-, Drehmagnet-Quotienten-, Induktions-, Hitzdraht-, Bimetall-, elektrostatischen Zungenresonanz- und Hysterese-Meßwerk gewidmet, so daß das Kapitel der Meßgeräte eine große Vollständigkeit aufweist. Auch bei den Meßverfahren hat der Verfasser Wert darauf gelegt, die Betriebsmessungen der praktischen Meßtechnik zu berücksichtigen, z. B. in den Abschnitten über Isolations- und Erdungsmessung, über die Bestimmung des Fehlerorts, von Leitungsunterbrechungen und Kurzschlußstellen.

Die textliche Darstellung und die Bilder sind klar. Auf eine Herausstellung dessen, was für die Anwendung von Meßzeug wichtig ist, wurde besonderer Wert gelegt. Im Hinblick auf die besondere Ausrichtung des Buches sei die

Anregung gegeben, noch mehr als durch die Tafeln der S. 151 ... 153 auf eine kritische Gegenüberstellung der jeweils verschiedenen Meßmöglichkeiten für dieselbe Meßgröße einzugehen.

Franz Moeller

DK 621.313.32 (023.3)

**Die synchrone Maschine.** Von Prof. Dr.-Ing. Karl H u m b u r g. Slg. Göschen, Bd. 1146. Mit 109 S., 78 B., Format 10×16 cm. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis kart. 2,40 DM.

Die Neuauflage des Bändchens „Die synchrone Maschine“ von H u m b u r g bringt eine wertvolle Ergänzung der Sammlung Göschen. Der Verfasser hat mit vielem Verständnis und Geschick dank seiner langjährigen pädagogischen Erfahrungen den sehr umfangreichen Stoff in seinen wesentlichsten Zügen auf den engen Raum eines Göschen-Bändchens zusammengedrängt.

Im ersten Abschnitt wird der konstruktive Aufbau der Synchronmaschine in ihren verschiedenen Ausführungsformen geschildert und anschließend im zweiten Abschnitt der Leser schrittweise in ihre Theorie eingeführt. Diese wird dann auf die einfachsten Probleme des Parallelbetriebes am starren Netz oder mit anderen Synchronmaschinen als Generator oder Motor angewandt. Der dritte und vierte Abschnitt behandeln den Betrieb und die Prüfung der Synchronmaschine, während der fünfte Abschnitt auf die Grundlagen der Bemessung eingeht. Abschließend wird dann auch noch als Sonderfall der Synchronmaschine der Einankerumformer behandelt und der Kaskadenumformer erwähnt. Als kurze Einführung kann das Bändchen sowohl Studierenden als auch Betriebsleuten sehr empfohlen werden.

W. Leukert

DK 621.316.064.002.2 (023.2)

**Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte.** Von Fritz Kesselring. 3. Aufl. (Slg. Göschen, Nr. 711). Mit 144 S., 92 B., 10,5×16 cm. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1950. Preis geh. 2,40 DM.

Das neuaufgelegte Bändchen ist in Stoffeinteilung und Inhalt ein fast unveränderter Neudruck der zweiten Auflage. In 5 Kapiteln werden die wichtigsten Grundlagen zur Berechnung von Schaltgeräten dargestellt.

Das Kapitel „Schaltvorgänge“ baut auf den Widerstandsänderungen in der Kontaktstelle auf und führt nach einer Behandlung verschiedener Widerstandsfunktionen und einer Betrachtung der Energieumsetzungen zu den physikalischen Gesetzen des Lichtbogens und ihrem Einfluß auf den Aufbau der wiederkehrenden Spannung. Auch die Frage der Werkstoffwanderung wird hierbei erörtert.

Im 2. Kapitel wird die elektrische Beanspruchung nach einer Darlegung der Grundgesetze eingehend besprochen. Für den praktischen Gebrauch sind eine Reihe von Tafeln der Überschlusspannungen verschiedener Anordnungen beigefügt. Versuche über Verschmutzungseinfluß und Koronaerscheinungen werden behandelt.

Das Kapitel „Thermische Beanspruchung“ gibt, wiederum von den physikalischen Grundlagen und von den Vorgängen an der Kontaktstelle ausgehend, einen gedrängten Überblick über alle Fragen, die der Konstrukteur berücksichtigen muß. Für den Abbrand findet man interessante Zahlenangaben in Funktion des Werkstoffes und der Strommenge.

In dem Kapitel über die elektrodynamische Beanspruchung werden aus den magnetischen Gesetzen die Kraftwirkungen bei Schaltgeräten und Antrieben abgeleitet. Man findet u. a. ein handliches Nomogramm zur Berechnung von Induktivitäten und eine aufschlußreiche Darlegung über die Modellgesetze von Elektromagneten.

Das letzte Kapitel behandelt die Lichtbogenlöschung. Hier beschränkt sich der Verfasser auf die grundlegenden elektrotechnischen und physikalischen Zusammenhänge und Gesetze. Dabei werden die charakteristischen Unterschiede im Löschvorgang von Preßgas- und von Flüssigkeitsschaltern klar herausgestellt.

Im Anhang findet der Benutzer eine Reihe von praktisch aufgebauten Tafeln über Werkstoffbeiwerte.

Das Büchlein gibt trotz seines bescheidenen Umfanges einen vollständigen Abriß aller Grundlagen, die der Konstrukteur elektrischer Schaltgeräte benötigt. Die Probleme werden in elementarer Weise behandelt, so daß der Leser mühelos von den Grundgesetzen bis zum Verständnis der technischen Vorgänge in Schaltgeräten geführt wird.

F. Gieffers

DK 621.345.3 (023.4)

**La technique du chauffage électrique. Ses applications domestiques et industrielles.** Bd. I: Théories et calculs. Vol. Ch. Frérot. Mit 503 S., 69 B., zahlr. Tafeln, Format 16×25 cm. Verlag Gauthier-Villars, Paris 1950. Preis geh. 2300,-ffrs.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, ein zusammenfassendes Werk über die elektrische Widerstandsheizung für Industrie und Haushalt zu schreiben, dessen ersten Band er der Theorie und den Berechnungsweisen widmet. Entstanden ist das Buch in seinen Anfängen in der Kriegsgefangenschaft. Nach einer Betrachtung über die Lage Frankreichs in bezug auf die Kohlenversorgung und die Gewinnung elektrischer Energie aus den Wasserkraften der Flüsse, Gletscher und der Gezeiten, geht er auf die Vorteile der elektrischen Erzeugung der Wärme aus minderwertigen Brennstoffen und mit Hilfe der Wärmepumpe ein, die nach seiner Auffassung einen guten Teil der Hausbrandversorgung ersetzen könnte. Er plant, bei jeder behandelten Anwendung der Elektrizität einen Vergleich mit anderen Wärmeerzeugungsarten durchzuführen.

An den Beginn des zweiten Abschnittes stellt er eine Zusammenfassung aller verwandten Symbole und Maßeinheiten und geht dann auf die Umwandlung elektrischer Energie in Wärme ein. Ausführlich behandelt er die metallischen Widerstände und ihr Verhalten bei verschiedenen mechanischen und thermischen Beanspruchungen.

Ein besonderer Unterabschnitt ist der Regeltechnik gewidmet. Behandelt wird die Regelung der Leistungsaufnahme durch Spannungsänderung, Gruppenschaltungen der Widerstandselemente und durch elektronische Regelung. Dieser Abschnitt ist verhältnismäßig kurz gehalten und könnte bei einer Neuauflage vielleicht etwas ausführlicher dargestellt werden. Anschließend werden die Legierungen für Widerstände sehr ausführlich behandelt und ihr Verhalten unter dem Einfluß der Temperaturhöhe, der Arbeitsatmosphäre der Ofensteine betrachtet. Tabellen beschließen diesen Abschnitt, dem ein weiterer kürzerer Abschnitt über nichtmetallische Widerstände folgt. Ein Unterabschnitt befaßt sich mit der Lebensdauerprüfung von Widerstandsdrähten. Die dort gemachten Angaben entsprechen allerdings nicht dem neuesten Stande. In Deutschland sind schon seit geraumer Zeit andere Verfahren in Gebrauch. Die eine erwähnte deutsche Arbeit ist älteren Datums.

Ein Hauptabschnitt ist den Elektrodenerhitzungsverfahren gewidmet. Dabei werden alle möglichen Einflüsse auf den flüssigen Leiter studiert, so die Zersetzung durch den Strom, die Veränderung des Widerstandes mit der Temperatur und die Ausdehnung unter dem Einfluß der Temperatur.

Der letzte Hauptabschnitt behandelt die Grundgesetze für die Wärmedämmstoffe von Bedeutung sind, die Wärmespeicherung, Wärmeleitung, Wärmeführung und Wärmestrahlung. Technische Wärmespeicher mit Flüssigkeit und Dampf, sowie Wärmeaustauscher werden gestreift, obwohl sie wahrscheinlich besser in den zweiten Teil des Buches gehörten. Ein Anhang über die Maßeinheiten und eine Zusammenstellung der Stromerzeugung der Welt nach dem Kriege beschließen das Buch.

Bei einer zweiten Auflage wird es sicher möglich sein, den ersten Teil in manchem noch etwas straffer zu fassen und dafür manches zu ergänzen, was vielleicht wünschenswert zu sein scheint. In der vorliegenden Form behandelt der Verfasser nur die Widerstandserwärmung. Es hat den Anschein, als daß der Ausdruck „Chauffage électrique“ sich auf die Widerstandserwärmung beschränkt, obwohl auch die Entwicklung der letzten Zeit verdeckte Widerstände, wie sie bei der induktiven und dielektrischen Erwärmung ausgenutzt werden, gegenüber den eigentlichen Widerstandselementen eine nicht mehr wegzudenkende Bedeutung erhalten haben. In seiner vorliegenden Form hat das Buch in Deutschland keinen Vorläufer, da das Buch von Paschki sich bewußt auf die Widerstandsheizung für industrielle Zwecke beschränkt.

Harald Müller

DK 621.016.2 (023.4)

**Das Begriffssystem Rechteistung, Wirkleistung, totale Blindleistung.** Von Dr.-Ing. Franz Buchholz. Teil A. Mit 35 S. Format DIN A 4. Selbstverlag, München 1950. Preis kart. DM 5,75. Zu beziehen durch Hochschul-Buchhandlung A Lachner, München 2, Luisenstr. 43.

Unter Bezugnahme auf eigene sowie die Vorarbeiten anderer Verfasser werden bereits bekannt gewordene Leistungsdefinitionen für das beliebig belastete Mehrphasen-

system beim Betrieb mit sinusförmigen und nichtsinusförmigen Strömen und Spannungen kritisch untersucht und weiterentwickelt. Mittels der Begriffe des effektiven Kollektivstromes und der effektiven Kollektivspannung erklärt der Verfasser zunächst die „totale Rechteistung“ (Scheinleistung). Sie zerfällt in die Wirkleistung und die totale Blindleistung. Die letztere läßt sich ihrerseits beim Betrieb mit inusförmigen Strömen und Spannungen, wie der Verfasser eig., klar zerlegen in die „Verschiebungs-“ und die „Unbalance-Blindleistung“. Die letztere verschwindet, wenn das System völlig gleichmäßig belastet ist; jedoch ist reine Unbalance-Blindleistung ebenso möglich wie reine Verschiebungs-Blindleistung.

Weiterhin wird in allgemeiner Form gezeigt, wie die dem Verbrauchersystem zufließenden Ströme in die für den Umsatz von Wirkleistung erforderlichen sowie die zur Bildung von Blindleistung führenden Bestandteile zerlegt werden können.

Die in der Arbeit verwendeten und zum Teil neuen oder mindestens ungebräuchlichen Benennungen wie „kollektive Phasenverschiebung“, „kollektive Orthogonalität“, „Verschiebungs-Rechteistung“ u. a. werden zwar definiert, sind aber ihrem Wesen nach abstrakt, so daß einer weiteren Verbreitung der in der Abhandlung niedergelegten Kenntnisse vorläufig noch gewisse Grenzen gesetzt sein dürften. Immerhin hat sich der Verfasser unzweifelhaft um die Klärung der wichtigen Frage des Leistungsbegriffes im ekrphasensystem verdient gemacht.

Zwei weitere fortsetzende Teile der Arbeit mit Ergänzungen und erläuternden Beispielen werden angekündigt.  
P. W e r n e r s

DK 621.317 (935)

**Lexikon für Meßpraktiker** (Elektron-Reihe, Bd. 1). Von Dipl.-Ing. Reinhold M a r c h g r a b e r. Mit 464 S., zahlr. Format DIN A 6. Technischer Verlag „das elektron“, Graz a. d. Donau. Auslieferung f. Deutschland durch Carl Müller GmbH., München 1, Theatinerstr. 8. Preis kart. — DM.

Das Büchlein ist der erste Band der „elektron-Reihe“, als Sonderausgabe der elektro- und radiotechnischen Monatshefte „das elektron“ erscheinen soll. Es wendet sich an den Meßtechniker und ist als Nachschlagewerk gedacht, in knapper übersichtlicher Form Aufschluß über die gebräuchlichsten Instrumente, die wichtigsten Meßverfahren und deren Eigenschaften geben soll. Es umfaßt den gesamten technisch interessierenden Frequenzbereich von Gleichstrom bis ins Meterwellengebiet und behandelt die Messung von Strom, Spannung, Leistung, Scheinwiderstand, Induktivität, Kapazität, Frequenz, Kurvenform, Modulation, Grenzwerten, ferner Messungen an Empfängern und Verstärkern, Antennen und HF-Leitungen. Bei dem beträchtlichen Umfang kann nur das Prinzip der einzelnen Meßverfahren angegeben werden. So wird beispielsweise das Gesamtgebiet der Röhrenvoltmeter auf nur 7 Seiten behandelt. Bemessungsangaben zu den Schaltungen werden nicht gemacht. Der Meßtechniker, der sich beruflich oder aus Liebhaberei mit Meßaufgaben beschäftigt, wird in den meisten Fällen fertige Meßgeräte zur Hand haben. Es ist daher für ihn sehr wertvoll, bei dem jeweiligen Meßproblem durch Literaturangaben auf ausführlichere Arbeiten aufmerksam gemacht zu werden. Für denjenigen, der an der allgemein gehaltenen Übersicht über Instrumente und Meßverfahren bei Angabe der normalen Meßbereiche, Meßgenauigkeit und Fehlereinflüsse interessiert ist, stellt das Büchlein in seiner Vielseitigkeit eine praktische und wertvolle Hilfe dar.  
K. L a m b e r t s

DK 621.395.25 (923.2)

**Taschenbuch der Fernsprech-Nebenstellenanlagen.** Von Kurt R. O l d e n b o u r g. Mit 195 S., 58 B., Format 11,5×18,5 cm. Verlag R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 7,80 DM.

Das Taschenbuch ist aus der Erfahrung des Verfassers als Lehrer entstanden. Es gibt einen guten Überblick über die Fernsprechtechnik, vor allem das Fernsprech-Nebenstellenwesen. Dadurch, daß es auf schaltungstechnische Einzelheiten nicht eingeht und keine Stromlaufzeichnungen enthält, wendet es sich nicht nur an den engen Kreis der Fachleute. Der Leser wird nicht nur mit den geltenden behördlichen Bestimmungen, sondern auch mit den verschiedenen Arten von Nebenstellenanlagen bekannt gemacht. An die Beschreibung der einfachsten Anlage, den Zwischenumschalter, schließt sich eine Darstellung der handbedienten Nebenstellenanlagen an. Bei den Reihenanlagen findet man kleine

und einfache Reihenanlagen, solche mit Linientasten und mit Wählern. Diesen folgen kleine, mittlere und große Wählanlagen. Auf die bekanntesten Ausführungen der Fernmeldeindustrie wird näher eingegangen. In einem besonderen Kapitel „Systemunterschiede“ wird auch die Frage Vorwähler oder Anrufsucher erörtert. W-Unteranlagen und Zusatzrichtungen vervollständigen das Bild. Besonders erwähnenswert ist, daß am Schluß jeden Kapitels nochmals in Form von Fragen und Antworten auf die Hauptpunkte des behandelten Stoffes eingegangen wird. Dadurch wird der Leser nochmals auf das Wesentliche hingewiesen. Dies wird von vielen dankbar begrüßt werden.

Das Büchlein ist sehr geeignet, weiten Kreisen dieses Gebietes der Nachrichtentechnik näher zu bringen und dadurch mittelbar zur Verbreitung des Fernsprechers beizutragen.

F. M o e n c h

DK 621.3.01 (923.1)

**Fachkunde für Elektriker.** Teil 4, Ausg. B: Fachrechnen. Von W. B l a t z h e i m. (Dümmers Fachbücherei). 12. Aufl. Mit 93 S., 37 B., Format DIN A 5. Ferd. Dümmers Verlag, Bonn 1951. Preis kart. 3,80 DM.

Für den Elektriker ist das Rechnen nun einmal erforderlich, um ein klares Bild bei der Lösung einer Aufgabe auch in der Praxis zu gewinnen. Dafür ist das Ergebnis auch eindeutig im Gegensatz zu anderen Gebieten, wo oft durch Annahme von Koeffizienten ein weiterer Spielraum, um nicht zu sagen eine Unsicherheit, bleibt. Deshalb ist diese Aufgabensammlung mit vielen Beispielen aus der Praxis so nützlich. Während die Ausgabe A (s. Besprechung ETZ 72 (1951) H. 13, S. 424) einfache Beispiele enthält, bringt die vorliegende Ausgabe B schwierigere Aufgaben, die mehr auf die Bedürfnisse der Meisterkurse zugeschnitten sind. Hierbei werden auch Gebiete berücksichtigt, die man weniger oft behandelt findet, wie Anlasser, die Abmessungen ihrer Widerstände sowie Elektromagnete. Beleuchtungsberechnung und die Behandlung von Getriebeaufgaben beschließen die empfehlenswerte Sammlung.  
G. O. F i s c h e r

DK 621.396.62 (923.2)

**Radio-Praktiker-Bücherei.** Format 11,5×17,5 cm. Franziska-Verlag, München 1950. Preis je Heft DM 0,90. **Heft 4: UKW-Empfang mit Zusatzgeräten.** Von H. G. M e n d e. Mit 63 S., 16 B., 9 Taf. **Heft 11: Mikrophone.** Von F. K ü h n e. Mit 62 S., 38 B., 2 Taf. **Heft 15: Moderne Zweikreis-Empfänger.** Von H. S u t a n e r. Mit 62 S., 43 B. **Heft 18/19: Radio-Röhren.** Von H. G. M e n d e. Mit 127 S., 65 B. **Heft 20: Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern.** Von A. R e n a r d y. Mit 62 S., 16 B.

Die Bände bieten dem Radio-Praktiker zweifellos wertvolles Material wie z. B. die Erklärung der Röhrenbezeichnungen in Band 18/19 und die Tabellen über Einzelteile von UKW-Zusatzgeräten in Band 4. Die Aufteilung in kleine, abgeschlossene Bändchen ist sehr zu begrüßen. Ein Praktiker schlägt im Bedarfsfall lieber in einem kleinen Heft nach als in einem großen „Wälzer“.

Im Interesse der Übersichtlichkeit und Klarheit wäre aber eine kürzere Formulierung erwünscht, was bei einer Neuauflage berücksichtigt werden könnte. Dies dürfte sich auch bei der Preisgestaltung günstig auswirken, da eine Anschaffung der bis jetzt erschienenen 20 Bändchen immerhin 18,— DM erfordert.  
E. B o r s c h

DK 534.01 (922.4)

**Technische Schwingungslehre.** Bd. 1: Einfache Schwingung und Schwingungsmeßgeräte. Von Dr.-Ing. Karl K l o t t e r. 2., umgearb. u. erg. Aufl. Mit 399 S., 360 B., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 46,50 DM.

In dem vorwiegend mathematisch orientierten Band werden die Schwingung mit einem Freiheitsgrad behandelt. Jedes einzelne Glied der Differentialgleichung der freien und erzwungenen Schwingung wird hinsichtlich aller Möglichkeiten seiner Form und seines Einflusses auf die Schwingung der Masse systematisch und sorgfältig untersucht. Die in ihrer Abhängigkeit von der Geschwindigkeit verschiedenen Dämpfungen werden besprochen, dann die linearen und nichtlinearen Rückführkräfte und zum Schluß die Erregerkräfte mit von der Erregerfrequenz abhängiger Amplitude. Bei allen Untersuchungen leisten die schematischen Darstellungen gute Hilfe und zeigen anschaulich die Kombinationsmöglichkeiten von Masse, Feder, Dämpfung und Erregung. Wertvoll ist auch der Abschnitt Werkstoffdämpfung bei verschie-

denen Spannungsverteilungen. Die Aufnahme von Schwingungsmeßgeräten und Schwingungsmessungen in die Neuauflage ist eine willkommene Bereicherung. Auch hier wird in geschickter Weise ein guter Überblick gegeben. Den Schluß bilden rheoliner Schwinger, d. h. solche, bei denen die Koeffizienten der Differentialgleichung nicht konstant sind, sondern von der Zeit oder dem Ausschlag abhängen. — Dieses Hand- oder Nachschlagewerk gibt wohl auf jede Schwingungsfrage eine Antwort, als Ganzes betrachtet ist diese Schwingungslehre ein weitreichendes Lehrbuch, das Lesern, die einer abstrakten Behandlungsweise zugeneigt sind, viel Freude bereiten wird.

Horst Müller

DK 621.187.12 (022.3)

**Richtlinien für die Aufbereitung von Kesselspeisewasser und Kühlwasser.** Hrsg. Vereinigung der Großkesselbesitzer. 4. Aufl. Mit 308 S., zahlr. B., Format DIN A 5. Vulkan-Verlag Dr. W. Classen, Essen 1950. Preis Glw. 20,— DM.

Die sorgfältige Aufbereitung des Speisewassers für Hoch- und Höchstdruck-Kessel sowie des Kühlwassers für Oberflächenkondensatoren und Kühler ist heute eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen störungsfreien Betrieb moderner Kraftwerke. Es ist daher zu begrüßen, wenn die VGB die 4. Auflage ihres in Fachkreisen allgemein bekannten Buches nach jeder Richtung hin so ergänzt hat, daß die „Richtlinien“ dem bestellenden Werk und dem Betriebsmann eine unentbehrliche Hilfe und ein fast jede Frage der Wasserbehandlung beantwortendes Nachschlagewerk darstellen. Im Rahmen einer kurzen Besprechung erscheint es ganz unmöglich, alle wertvollen Hinweise, Tafeln, Zusammenstellungen und Diagramme dieses Kompendiums im einzelnen zu würdigen, das seine Entstehung der engen Zusammenarbeit erfahrener Kraftwerksingenieure und Chemiker verdankt. Das Buch ist trotz der manchen Ingenieuren etwas ferner liegenden Materie leicht faßlich geschrieben und enthält insbesondere am Schluß eine ausführliche Zusammenstellung der für den Wasserreinigungsbetrieb in Frage kommenden handelsüblichen Chemikalien, was vielen Betriebsingenieuren willkommen sein wird. Die gesamte am Kraftwerksbau und -betrieb interessierte Fachwelt wird der VGB für die geleistete vorbildliche Arbeit gebührenden Dank wissen. Die Ausstattung des Werkes, das jedem Kraftwerksingenieur und Speisewasser-Chemiker warm empfohlen werden muß, ist hervorragend.

H. Voigt

DK 645.33 : 662.95 : 658.07 (022.2)

**Gas-Verkauf, Gas-Geräteverkauf.** Von Dr. W. Wolff. Mit 328 S., 60 B. u. Taf., Format DIN A 5. Vulkan-Verlag Dr. W. Classen, Essen 1950. Preis Hlw. 18,60 DM.

Es ist ein Buch, das jedem Kaufmann und Ingenieur der Elektrizitätsversorgung empfohlen werden kann. Es gibt einen Einblick in die Mentalität des Gasverkäufers und vermittelt manche Anregung für den Elektrizitäts- und Elektrizitätsgeräteverkauf. Vielen EVU ist eine Verstärkung ihrer Verkaufstätigkeit trotz voll ausgenutzter Anlagen nur zu empfehlen, sonst werden sie von der Aktivität der GUV überrumpelt. Dabei ist zu beachten, daß die städt. EVU größere Gewinne abwerfen. Dies ist bei den GUV nicht der Fall. Vielleicht ist das aber der Grund für die Rührigkeit bei den Gasfachmännern und für das Erscheinen des Buches.

Das Buch liest sich flott und anregend. Allerdings muß man über manche überspitzte Darstellungen und Formulierungen hinwegsehen. Schon gleich zu Beginn muß man den „Spiegel“, so originell er auch sein mag, außer Betracht lassen. Es ist etwas ungewöhnlich, eine Kritik dadurch mundtot machen zu wollen, daß man sagt: Der Leser trägt daran die Schuld.

Vieles ist sehr einseitig gesehen, wohl bewußt einseitig gesehen. Will man eine Ware verkaufen und für diese Ware Propaganda betreiben, dann muß man selbst von deren hervorragenden Eigenschaften überzeugt sein, um daraus einen Prioritätsanspruch ableiten zu können. Propagandistisch sind daher auch manche Zahlentafeln und graphische Darstellungen zu werten. Einer wissenschaftlichen Überprüfung halten sie in vielen Fällen nicht stand. Aber das sollen sie wohl auch nicht, denn der Textteil ist nicht mit wissenschaftlichen Formulierungen beschriftet, die Zahlentafeln enthalten keine Literaturnachweise. Es ist daher für den wissenschaftlich eingestellten Kritiker unmöglich, auf die Zahlentafeln und Kurven einzugehen. — Man

wird daher das Buch in vielen Teilen nur als Propaganda bewerten können.

Trotz dieser Einsichtigkeit und Schwäche enthält es zahlreiche Anregungen zur Marktbeobachtung, für die Erfassung der Abnehmer-Sondergruppen, für die Ausrichtung des Werkspersonals zur Mitarbeit in der Werbung, für die Tarifgestaltung usw. — Eben wegen dieser Anregungen kann es den Vertriebsmännern der Elektrizitätsversorgung und der Elektrizitätsgeräte-Industrie nur empfohlen werden.

H. Solling

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Stoffkunde für die Praxis.** Von K. Amedick und K. Heidenreich. Bd. I: Metallische Werkstoffe. Mit 183 S., 139 B., Format 16,5×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1951. Preis Hlw. 9,20 DM.

**Toleranzen, Passung und Konstruktion.** Von Dr.-Ing. Heinrich Brandenberger. Mit 319 S., 221 B., 55 Taf., Format 15×22 cm. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1946. Preis Glw. 18,— DM. Bezug durch Carl Meyer, Buch- und Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M.

**Fertigungsgerechtes Konstruieren.** Von Dr.-Ing. Heinrich Brandenberger. Mit 404 S., 691 B., Format 15×22 cm. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1949. Preis Glw. 22,— DM. Bezug durch Carl Meyer, Buch- und Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M.

**28. Annual Report of the Electricity Supply Commission, 1950.** Electricity Supply Commission, Südafrika. Mit 110 S., zahlr. B. u. Taf., Format 18×24 cm, kartoniert. Radfort, Adlington, Ltd., Johannesburg 1950.

**Die Dampfkessel und Feuerungen einschl. Hilfseinrichtungen.** Von Prof. Dr.-Ing. Walter Marcard und Dr.-Ing. Karl Beck. (Bd. I.) Die theoretischen Grundlagen, Wärme, Verbrennung, Wärmeübertragung. Sammlung Götschen, Bd. 9. Mit 150 S., 42 B., 16 Taf., Format 16×24 cm. Walter de Gruyter & Co., Berlin 1951. Preis geb. 2,40 DM.

**Berechnung von Kurzschlussströmen.** In Hoch- und Niederspannungsanlagen. Von Martin Gerlach. Mit 61 S., 72 B., Format DIN A 4. Verlag Technik, Berlin 1951. Preis kart. 3,20 DM.

**Grundriß der technischen Chemie.** Bd. III: Technische Elektrolyse und Metallurgie. Von Carl Kröger. Mit 167 S., 158 B., Format 15×22 cm. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1951. Preis kart. 12,80 DM.

**Radio-Technik. Theorie und Praxis.** Von Dr. J. Dürrwang. Mit 216 S., 160 B., Format 16×23 cm. Wepf & Co. Verlag, Basel 1947. Preis Glw. 12,— DM.

**Vom Aufbau der Getriebe.** Bd. II: Die Baulehre der Getriebe. Von Prof. Dr. Rudolf Franke. Mit 164 S., 776 B., Format 18×26 cm. Deutscher Ingenieur-Verlag GmbH., Düsseldorf 1951. Preis Hlw. 17,40 DM.

**Archiv für Elektrotechnik 40 (1951) Heft 3.** Inhalt: J. Fischer: Stationäre Temperatur stromdurchflössener, mäßig langer Drähte; Wasserrab, Die Spritzentladung, eine Rückzündungsursache; Quecksilberdampfstromrichter; G. Schmitt, Ersatzschaltbilder von Sechspolen und höherpoligen Schaltungen; K. Brinkmann, Untersuchungen an Kabelisolierten deutscher Herkunft.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 9.** Inhalt: Meinte, Einfache Verzweigungen von Leitungen und Hohlleitern; Oden, Probleme der Fernschreib-Verbindungstechnik; H. Grobkopf, Neue Kondensatormikrophone für Rundfunkstudios; Goebel, Betrachtungen zur Fernseh-Aufnahmetechnik (II.); Lapkamp und Körner, Ein neuer Spreidkabel; Seemann-Eggebert, Selbsttätige Gebührenterminalisierung im handvermittelten Fernverkehr; J. Grobkopf, Ultrakurzwellen-Ausbreitung im Bereich von 30 und 100 MHz.

**Fernmeldetechnische Zeitschrift 4 (1951) Heft 10.** Inhalt: Meinte, Blenden in Hohlleitern; Macek, Hohlkabel-Meßleitungen für Zentimeterwellen; Hinz und Sedlmayr, Nummernschalter-Prüfeinrichtungen; Töpfer, Doppelzähler; J. Grobkopf, Ultrakurzwellen-Ausbreitung im Bereich von 30 und 100 MHz; Pavel, von Schau und Schwab, Das Rundfunkleitungs-Verstärkerstell 48 der Deutschen Bundespost-Fricke, Über die Arbeitsbedingungen von Reaktanzschaltungen zur Erzielung sehr großer Blindwiderstandsänderungen; Domin, Kurstoffe.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. Emil Banik, Lübeck, Goethestr. 3  
 Prof. Dr.-Ing. Güntherschulze, München 23, Herzogstr. 16  
 Dr.-Ing. Friedrich Hammerling, Hameln, Kührbrückenstr. 6-4  
 Prof. Dr. jur. Friedrich List, Darmstadt, Äußere Ringstr. 106  
 Dr.-Ing. E. Roessler, Berlin-Dahlem, Eppinger Str. 22  
 Dr.-Ing. Franz Stejskal, Helligkenkirchen b. Detmold, Villa Eck

Abschluß des Heftes: 18. September 1951

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jaccottet. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 37 37. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 4. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj., zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.



# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

12. Jahrgang

Wuppertal, 15. Oktober 1951

Heft 20

## Zum Induktionsgesetz

Von R. W. Pohl und F. Stöckmann, Göttingen

DK 538.51

**Übersicht.** Vor einiger Zeit sind in elektrotechnischen Fachzeitschriften Arbeiten über „Die beiden Induktionsgesetze“<sup>1</sup> und über paradoxe elektrodynamische Erscheinungen<sup>2</sup> erschienen. Sie haben der Schriftleitung dieser Zeitschrift den Anlaß gegeben, uns um einen Aufsatz zu bitten, der diese Dinge zusammenfassend darstellt. Wir haben diesem Wunsch gern entsprochen, weil er uns die Möglichkeit gab, auf einige Punkte die Darstellung der Induktionserscheinungen bedenkliche Methoden anzuweisen, z. B. auf die Beschreibung der Induktionsvorgänge mit dem heute geschnittener magnetischer „Kraftlinien.“

Wenn man im Sinn der Maxwell'schen Vorstellungen die Verknüpfung der elektrischen und magnetischen Felder als das Wesentliche des Induktionsvorganges ansieht, bekommt man das Induktionsgesetz die einfache, aber trotzdem ganz allgemein gültige Form

$$\oint \mathcal{E} \, ds = - \frac{d}{dt} \int \mathcal{B} \, d f. \quad (1)$$

Die Größen  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{B}$  bedeuten die elektrische bzw. magnetische Feldstärke, die durch das Induktionsgesetz miteinander verknüpft werden.  $\mathcal{E}$  ist die elektrische Feldstärke, die man im Prinzip durch Kraftwirkungen auf ruhende Ladungen mißt, und zwar ist  $\mathcal{E} = \mathcal{K}/q$ . Analog ist  $\mathcal{B}$  die magnetische Kraftflußdichte, die man im Prinzip durch Kraftwirkungen auf bewegte Ladungen, praktisch durch Kraftwirkungen auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld mißt, und zwar ist  $\mathcal{B} = \mathcal{H}$ . Das Linienintegral auf der linken Seite der Gl. (1) ist stets über eine beliebige geschlossene Kurve zu bilden, das Flächenintegral auf der rechten Seite ist über irgend eine Fläche zu erstrecken, die durch diese geschlossene Kurve begrenzt wird. Die Differentiation nach der Zeit bedeutet die zeitliche Änderung des Integrals. Wir weisen bereits hierauf hin, daß diese sich aus zwei Anteilen zusammensetzt, einer zeitlichen Änderung der Kraftflußdichte  $\mathcal{B}$  und einer zeitlichen Änderung der Randkurve und damit der Fläche  $F$ . Die Ausführung der Differentiation ergibt nämlich nach einer einfachen Umformung

$$\oint \mathcal{E} \, ds = - \int \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial t} \, d f + \oint [\mathbf{v} \mathcal{B}] \, ds. \quad (2)$$

Die Größe  $\mathbf{v}$  ist die Geschwindigkeit, mit der sich das Element  $ds$  der Randkurve relativ zu dem Bezugssystem bewegt, in dem  $\mathcal{B}$  gemessen werden, das aber vollkommen willkürlich gewählt werden kann. Beide Seiten der Gl. (1) und (2) bedeuten die in der geschlossenen Randkurve induzierte Spannung  $U$ . Man kann sie messen, wenn man die zunächst rein geometrische Randkurve durch einen materiellen Leiter ersetzt und nach irgend einem Verfahren die in diesem Kreis vorhandene Spannung bestimmt.

Man kann aus den Integralformen (1) und (2) des Induktionsgesetzes durch wenige elementare Umformungen die Differentialform

$$\text{rot } \mathcal{E} = - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial t} + \text{rot } [\mathbf{v} \mathcal{B}] \quad (3)$$

ableiten. In dieser Form macht das Induktionsgesetz eine Aussage über ein bestimmtes räumliches Differential, nämlich den Wirbel der elektrischen Feldstärke an einem beliebigen Punkt, der sich mit einer Geschwindigkeit  $\mathbf{v}$  relativ zu einem gewählten Bezugssystem bewegt.

Die zwei Beiträge zu den Induktionserscheinungen erscheinen in den Gl. (2) und (3) als zwei getrennte Posten, aber die Zerlegung in diese beiden Anteile ändert sich, wie die Gl. (2) und (3) zeigen, bei einem Wechsel des Bezugssystems. Man darf daher die Induktion durch veränderliche Magnetfelder ( $-\partial \mathcal{B}/\partial t$ ) und die Induktion in bewegten Leitern als Folge der „Lorentz-Kräfte“ ( $\text{rot } [\mathbf{v} \mathcal{B}]$ ) nicht als wesensverschiedene Erscheinungen auffassen.

Die Gl. (1) bis (3) sind physikalisch gleichwertig, weil sie durch rein mathematische Umformungen auseinander hergeleitet werden können. Sie sind identisch mit der zweiten Grundgleichung der Maxwell'schen Theorie und liefern entweder mit Gl. (1) oder (2) die induzierte Spannung oder mit Gl. (3) die Wirbel des elektrischen Feldes. Die induzierte Feldstärke folgt jedoch aus keiner der Gleichungen unmittelbar, man erhält sie erst durch eine Integration der Gl. (3)<sup>4</sup>. Dadurch wird die Feldstärke aber noch nicht eindeutig festgelegt, denn die wirbelfreien Anteile des elektrischen Feldes<sup>5</sup> erhält man nicht aus dem Induktionsgesetz. Die Nichtbeachtung dieser Tatsache ist die Ursache für eine Reihe von Scheinproblemen, insbesondere über die in einem Leitererement induzierte Feldstärke.

Wer sich so über jedes einzelne Symbol der Gl. (1) und (2) Klarheit verschafft hat, kann grundsätzlich alle Induktionserscheinungen verstehen. Die meisten Paradoxien der Elektrodynamik entstehen durch die Anwendung irgend einer Spezialform des Induktionsgesetzes an unzulässiger Stelle. Benutzt man die allgemeine Form, so lassen sich solche scheinbaren Widersprüche stets zwanglos auflösen.

Wir wollen jetzt an einer Reihe von Beispielen die richtige Anwendung des Induktionsgesetzes erläutern, und dabei vor allem solche behandeln, die leicht falsch gedeutet werden.

### A. Die Induktionsschleife hat eine unveränderliche Form.

1. Sie hat eine feste Orientierung relativ zu einem homogenen, aber zeitlich veränderlichen Magnetfeld. — Ein Beobachter, der relativ zur Induktionsschleife ruht, erhält aus Gl. (2) das Ergebnis

$$U_{\text{ind}} = - \dot{\mathcal{B}} F$$

Dieselbe Aussage folgt für jedes beliebige andere Bezugssystem, weil sich in einem homogenen Magnetfeld die Lorentz-Kräfte längs jeder geschlossenen Kurve aufheben.

<sup>1</sup> Nach den Regeln der Vektorrechnung folgt aus Gl. (3) die dem Prot-Savart'schen Gesetz ähnliche Beziehung

$$\mathcal{E}(x, y, z) = \text{rot} \int \frac{\text{rot } \mathcal{E} \, dV}{4\pi r} = \int \frac{[\text{rot } \mathcal{E} \times \mathbf{r}]}{4\pi r^2} \, d\xi \, d\eta \, d\zeta$$

( $\mathbf{r}$  ist der vom Volumenelement  $dV = d\xi \, d\eta \, d\zeta$  zum Aufpunkt  $(x, y, z)$  gerichtete Ortsvektor).

<sup>2</sup> d. h. solche, die durch elektrische Ladungen erzeugt werden. Man darf aber nicht übersehen, daß diese Ladungen u. U. überhaupt erst als Folge der Induktion auf Leiteroberflächen erscheinen. Beispiel: Ein zeitlich veränderliches rotationssymmetrisches Magnetfeld umgibt sich im Vakuum mit einem rotationssymmetrischen elektrischen Feld. Bringt man aber an den Ort einer kreisförmig geschlossenen Feldlinie einen aufgeschnittenen Draht, so ist trotz des gleichen Induktionsvorganges das Feld völlig verändert. In dem Draht bricht es zusammen, an seinen Enden sammeln sich Ladungen, die das Feld in der Unterbrechungsstelle verstärken und im Draht aufheben. Unverändert geblieben ist jedoch die längs einer geschlossenen Kurve induzierte Spannung.

<sup>3</sup> A. v. Brunn: Bull. Schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 555.  
<sup>4</sup> G. W. O. Howe: Proc. Inst. Electr. Eng. 97 (1950) S. 129.  
<sup>5</sup> Falls  $\mathcal{E}$ ,  $\mathcal{H}$  und  $\mathbf{v}$  senkrecht aufeinander stehen. Sonst sind die kleineren Vektorgleichungen zu schreiben.

Ein Sonderfall ist die Rotation einer flachen Kreisscheibe um ihre Figurenachse. In einem konstanten Magnetfeld werden längs keiner geschlossenen Kurve Spannungen induziert, und darum wird die Bewegung der Scheibe nicht durch Wirbelströme gebremst.

2. Die Induktionsschleife in einem homogenen konstanten Magnetfeld um eine senkrecht zu  $\mathfrak{B}$  stehende Achse (Prinzip des Generators). — Der Kraftfluß durch die rotierende Leiterschleife ändert sich sinusförmig als Funktion der Zeit. Darum werden gemäß Gl. (1) Wechselspannungen in ihr induziert. Ein ruhender Beobachter deutet sie als Induktion durch Lorentz-Kräfte [zweiter Summand in Gl. (2)], ein mit dem Leiter rotierender Beobachter dagegen durch zeitlich veränderliche Magnetfelder [erster Summand in Gl. (2)]. Dieses Beispiel zeigt besonders deutlich, daß die „Ursache“ der Induktion — Lorentz-Kräfte oder elektrische Wirbelfelder — nur eine Frage des Bezugssystems ist.

Eine beliebige Bewegung der Induktionsschleife in einem inhomogenen, aber zeitlich konstanten Magnetfeld ist eine Verallgemeinerung, die keine grundsätzlich neuen Überlegungen erfordert. Man sieht leicht, daß die Rotation der Kreisscheibe aus dem vorigen Beispiel in einem inhomogenen Feld durch Wirbelströme gebremst wird. Nach Aussage eines ruhenden Beobachters werden sie durch Lorentz-Kräfte, nach Aussage eines mit der Scheibe rotierenden Beobachters durch zeitlich veränderliche Magnetfelder induziert, über die Tatsache der Dämpfung und auch quantitativ über ihre Größe sind sich jedoch beide Beobachter einig.

Nach einer leider noch sehr weit verbreiteten Auffassung muß bei der Induktion die Leiterschleife von magnetischen Kraftlinien „geschnitten“ werden. Wir warnen jedoch vor dieser Vorstellung. Die Angabe einer Relativgeschwindigkeit  $v$  zwischen der Induktionsschleife und den Kraftlinien ist nur sinnvoll, wenn diese wie die Haare einer Bürste die Bewegung des Magneten mitmachen, denn nur dann kann  $v$  als Relativgeschwindigkeit zwischen der Leiterschleife und dem Magneten auch wirklich gemessen werden. Man überlege sich aber die Konsequenzen dieser Vorstellung: Angenommen, ein homogenes Magnetfeld wird durch zwei um ihre Längsachse gegensinnig rotierende Spulen erzeugt. Sollen dann die magnetischen Kraftlinien zu einem Seil verdreht werden? Oder: Gegeben ein magnetisches Drehfeld, das nicht durch einen rotierenden Magneten, sondern mit Hilfe dreier von Drehstrom durchflossener Spulen erzeugt wird. Dann kann man in dem Magnetfeld stets nur die Kraftflußdichte und ihre Änderung feststellen, aber es ist nicht möglich, daraus auf irgendwelche Bewegungen eines felderzeugenden Magneten zu schließen. Die Veranschaulichung des Feldes durch Kraftlinien ist ein in vielen Fällen nützliches Bild, es stellt aber, wie jedes Bild, nur einen Teil der Vorgänge richtig dar.

3. Beliebige Bewegung der Induktionsschleife in einem örtlich und zeitlich veränderlichen Magnetfeld. — Durch einen Vergleich

der die Leiterschleife zu den Zeiten  $t$  und  $t+dt$  durchsetzenden Kraftflüsse erhält man gemäß Gl. (1) unabhängig vom Bezugssystem die in der Schleife induzierte Spannung. Wieder hat ein Wechsel des Bezugssystems lediglich einen Einfluß auf ihre Zerlegung in die beiden Anteile. Durch eine zweckmäßige Wahl kann man so gelegentlich komplizierte Fälle sehr einfach darstellen. Dafür ein Beispiel, das mit der Frage der Wirbelstromdämpfung zusammenhängt: Ein langgestreckter Stab, der aus magnetisierten und unmagnetisierten Sektoren zusammengesetzt ist (Bild 1, Querschnitt), rotiert um seine Längsachse in seinem eigenen Magnetfeld. Werden dabei in dem Stab Wirbelströme induziert? Für einen Beobachter, der mit dem Stab rotiert, ist die Antwort trivial. Er sieht nur ein konstantes, inhomogenes Magnetfeld und einen ruhenden Leiter. Infolgedessen werden keine Wirbelströme induziert. — Ein ruhender Beobachter kommt natürlich zu dem gleichen Ergebnis, denn der Kraftfluß durch jede geschlossene Kurve im Stab bleibt konstant.

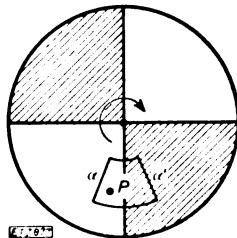


Bild 1. Querschnitt eines Stabes, der aus zwei magnetisierten (schraffiert) und zwei nichtmagnetisierten Metallsegmenten zusammengesetzt ist.

werden dabei in dem Stab Wirbelströme induziert? Für einen Beobachter, der mit dem Stab rotiert, ist die Antwort trivial. Er sieht nur ein konstantes, inhomogenes Magnetfeld und einen ruhenden Leiter. Infolgedessen werden keine Wirbelströme induziert. — Ein ruhender Beobachter kommt natürlich zu dem gleichen Ergebnis, denn der Kraftfluß durch jede geschlossene Kurve im Stab bleibt konstant.

Diese zweckmäßigste Beschreibung muß aber mit folgendem Einwand rechnen: In dem Kurvenstück  $a'$  ist die Lorentz-Kraft größer als in dem Kurvenstück  $a$ . Daher sollte eine Umlaufspannung induziert werden. — Darauf ist zu entgegnen: Man betrachte einen für den Beobachter festen Punkt  $P$ . In ihm ändert sich die Kraftflußdichte, wenn sich die Grenze beider Segmente über ihn hinwegbewegt. Dadurch wird ebenfalls eine Umlaufspannung induziert, so diese kompensiert gerade die von den Lorentz-Kräften beruhende.

Wir haben in jedem dieser drei Fälle auch die Induktion in ausgedehnten Leitern mitbehandelt. Das Induktionsgesetz gab stets eine eindeutige Antwort auf die Frage, ob Wirbelströme induziert werden, und wie groß die induzierten Spannungen längs einer beliebigen, ganz in dem Leiter verlaufenden geschlossenen Kurve ist. Die Spannung zwischen irgend zwei Punkten und damit die Stromverteilung kann man leider nicht so einfach berechnen. In einem linearen Leiter, etwa einer Drahtschleife, erhält man aus der Umlaufspannung und dem Widerstand auch den Strom, und daraus wieder mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes die Feldstärke an jeder Stelle. In einem räumlich ausgedehnten Leiter kann aber das Ohmsche Gesetz nur in der differentialen Form angewandt werden. Dazu ist die Kenntnis der Feldstärke erforderlich, aber diese wird durch das Induktionsgesetz allein nicht eindeutig bestimmt, wie wir oben gezeigt haben (vor allem das Beispiel in 5).

## B. Teile der Induktionsschleife werden gegeneinander bewegt.

4. Die Induktionsschleife ist ein geschlossener Draht ring, dessen Teile gegeneinander bewegt werden können. — In diesem Fall besteht kein Zweifel über die Änderung des magnetischen Kraftflusses. Werden nur Leiterstücke im feldfreien Raum bewegt, wie in Bild 2a, so trägt allein die zeitliche Änderung —  $d\mathfrak{B}/dt$  zur induzierten Spannung bei, werden aber Stücke im Feld bewegt, so leisten außerdem Lorentz-Kräfte  $[v \times \mathfrak{B}]$  einen Beitrag dazu. Auch hier hat die Wahl des Bezugssystems offenbar nur einen Einfluß auf die Zerlegung der gesamten Spannung in diese beiden Anteile. In einem Bezugssystem, für das der im Feld bewegte Leiter ruht, wird die gesamte Spannung durch eine zeitliche Änderung von  $\mathfrak{B}$  induziert: Lorentz-Kräfte fehlen, aber dafür ändert sich der Kraftfluß durch die von dem Leiter umfaßte Fläche.

5. Teile der Induktionsschleife sind plattenartige oder räumlich ausgedehnte Gebilde. Beispiel: Eine Platte wird in einem Magnetfeld bewegt und die induzierte Spannung über zwei Gleitkontakte abgegriffen. — Wie in den bisher behandelten Fällen erhält man hier, und zwar wieder unabhängig vom gewählten Bezugssystem, aus dem Induktionsgesetz eine eindeutige Aussage über die in jeder beliebigen geschlossenen Kurve induzierte Spannung. Jedoch hängt ihre Größe im allgemeinen sehr davon ab, wie der Integrationsweg durch die Platte geleitet wird, ob er z. B. vorwiegend durch Gebiete großer oder kleiner Kraftflußdichte verläuft. Tatsächlich interessiert dabei in dem vorliegenden Fall viel mehr die Spannung zwischen den Gleitkontakten, also zwischen den Endpunkten einer nicht geschlossenen Kurve. Diese kann aber nur als Linienintegral der Feldstärke berechnet werden, und dazu muß man die Feldstärke selbst kennen. Dazu reicht aber das Induktionsgesetz allein nicht aus, worauf wir bereits mehrfach hingewiesen haben. Das Problem ist im Grunde das gleiche wie die Berechnung der Feld- und Stromverteilung bei Wirbelströmen.

Wir müssen uns darum auf einen Sonderfall beschränken und zwar soll die ganze Platte von einem homogenen konstanten Magnetfeld durchsetzt werden (Bild 3). Längs der Kurve vom ersten Gleitkontakt auf beliebigem Wege durch die Platte zum zweiten Gleitkontakt und auf festem Wege durch den Außenraum zurück zum ersten Gleitkontakt erhält man jetzt die gleiche Spannung. Wieder ist die Wahl des Bezugssystems belanglos. Ein ruhender Beobachter findet

rentz-Kräfte in der bewegten Platte, ein mit der Platte bewegter Beobachter dagegen einen sich ändernden Kraftfluß durch die sich ändernde Fläche der Induktionsschleife. — Ganz analoge Ergebnisse erhält man für eine im homogenen Magnetfeld um ihre Figurenachse rotierende Kreisscheibe mit Gleitkontakten an der Achse und an der Peripherie, sowie für einen Stabmagneten, der um seine Längsachse in seinem eigenen Magnetfeld rotiert, ebenfalls mit Gleitkontakten an der Achse und an der Peripherie (Unipolarinduktion). Diesen

frei Beispielen ist gemeinsam, daß bei der Bewegung der räumlich ausgedehnten Leiter keine Wirbelströme in ihnen induziert werden und die dadurch bedingten Komplikationen fortfallen. Nur darum reicht in diesen Sonderfällen das Induktionsgesetz allein zur Beschreibung der Beobachtungen aus. Man braucht sich weder um die Verteilung von Leitern im Feld noch um die Größe ihrer spezifischen Leitfähigkeit zu kümmern.

Lehrreich ist eine Variante: Die bewegte Platte soll wieder ganz von einem homogenen Magnetfeld durchsetzt werden, außerhalb der Platte soll es aber praktisch unendlich auf Null abfallen, so daß sich die Gleitkontakte und der gesamte übrige Teil der Induktionsschleife im feldfreien Raum befinden (Bild 4). Bei einer Bewegung der Platte erhält man in jedem Bezugssystem dasselbe Ergebnis wie zuvor. Wie groß wird aber die induzierte Spannung, wenn stattdessen die Gleitkontakte bewegt werden? Nach einer oberflächlichen Betrachtung erwartet man wieder dieselbe Spannung, weil der vom Leiter umfaßte Kraftfluß durch die Bewegung der Gleitkontakte geändert wird. Tatsächlich wird aber keine Spannung induziert.

Eine genauere Überlegung ergibt dann auch, daß nach dem Induktionsgesetz keine Spannung zu erwarten ist. Für einen relativ zur Platte ruhenden Beobachter ist das Magnetfeld konstant, und für ihn wird kein Leiter im Feld bewegt. Folgedessen fehlen beide Ursachen für eine Induktion. Für einen mit den Gleitkontakten bewegten Beobachter ändert sich das Feld durch die Induktionsschleife. Außerdem wird der Leiter, nämlich die Platte, im Feld bewegt. Man überzeugt sich leicht, daß beide Spannungen entgegengesetzt sind, so daß im Endeffekt auch für den bewegten Beobachter keine induzierten Spannungen zu erwarten sind.

Eine experimentelle Verwirklichung der in Bild 4 skizzierten Anordnung ist der oft zitierte Heringsche Versuch.

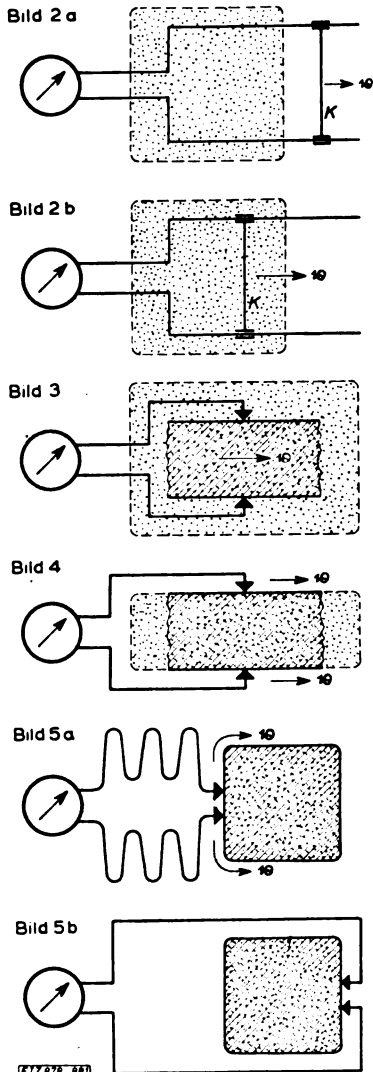
Die Platte in Bild 4 ist ersetzt durch das Joch eines permanenten Hufeisenmagneten, dessen Schenkel man sich in Bild 5 oberhalb und unterhalb der Papierebene zu denken hat. Die Grenzen des Magnetfeldes fallen dann mit denen des Joches zusammen. — Der ganze im Joch verlaufene Kraftfluß wird mit Hilfe der Gleitkontakte in die Induktionsschleife hineingebracht, indem man sie längs der Jochoberfläche von der Stellung in Bild 5a in die Stellung des Bildes 5b bringt. Dabei ist es gleichgültig, ob die Gleitkontakte am ruhenden Joch oder das Joch an den ruhenden Gleitkontakten entlang geführt werden. Es wird keine Spannung induziert, obwohl der Kraftfluß durch die Induktionsschleife bei diesem Versuch geändert wird. Diese paradoxe Beobachtung hat schon manches Aufsehen erregt.

6. Nochmals Induktion in einer bewegten Platte, die ganz von einem homogenen Magnetfeld durchsetzt wird. — Wir greifen auf Bild 3 zurück. Um die Vorgänge im einzelnen verfolgen zu können, denken wir uns, daß oberhalb der Papierebene parallel zur Platte ein Elektronenschwarm (Kathodenstrahl) fliegt, der die gleiche Geschwindigkeit wie die Platte hat. Diese Elektronen bezeichnen wir kurz als „freie“ Elektronen. Auf sie wirken Lorentz-Kräfte  $\mathbf{R} = e [\mathbf{v} \mathbf{B}]$ , die der ruhende Beobachter z. B. aus der Ablenkung von ihrer geradlinigen Bahn nachweisen könnte. Die gleichen Lorentz-Kräfte wirken als ladungstrennende Kräfte auf die Elektronen in der bewegten Platte. Sie verursachen eine Anhäufung von Elektronen beispielsweise am oberen Rand der Platte und eine gleichgroße positive Aufladung des unteren Randes. Dadurch entsteht im Gleichgewicht ein elektrisches Feld  $\mathbf{E} = - [\mathbf{v} \mathbf{B}]$ , das die Wirkung der Lorentz-Kräfte gerade kompensiert. Dieses Feld kann sowohl in der Platte wie auch in ihrer Umgebung durch Kräfte auf ruhende Ladungen nachgewiesen werden, auf die die Lorentz-Kräfte ja nicht wirken. Durch Gleitkontakte an den Rändern der Platte kann die Spannung dieses Feldes abgegriffen werden. Sie stimmt in diesem Fall mit der in einem geschlossenen Stromkreis induzierten Spannung überein, weil die übrigen Teile der Leiterschleife nicht bewegt werden, und die Kraftflußdichte des Magnetfeldes konstant bleibt.

So könnte ein ruhender Beobachter die Induktion im einzelnen beschreiben, wenn er sich nicht mit der summarischen Darstellung von Abschnitt 5 zufrieden gibt. Wie hat nun ein mit der Platte bewegter Beobachter diese Erscheinungen zu deuten? Zweifellos findet auch er eine Anhäufung von Ladungen an den Rändern der Platte und eine entsprechende Bewegung der „freien“ Elektronen. Dagegen fehlt für ihn das elektrische Feld im Innern der Platte, auf eine relativ zur Platte ruhende Ladung wirkt keine Kraft. Diese Beobachtungen beschreibt er am einfachsten als Wirkungen eines homogenen elektrischen Feldes,  $\mathbf{E} = + [\mathbf{v} \mathbf{B}]$ , das erstens die „freien“ Elektronen beschleunigt und zweitens an den Rändern der Platte Influenzladungen erzeugt. Über die Herkunft dieses Feldes kann er allerdings nichts aussagen, da er ja prinzipiell von seiner Bewegung und den Experimenten des ruhenden Beobachters nicht zu wissen braucht.

Auf die induzierte Umlaufspannung, die der mit der Platte bewegte Beobachter mißt, hat dieses homogene Feld keinen Einfluß. Darum braucht er es in 5. nicht zu berücksichtigen. Dieses Beispiel zeigt nochmals, daß der ruhende und der bewegte Beobachter die gleiche induzierte Spannung feststellen. Ihre Aussagen über die elektrische Feldstärke sind dagegen durchaus verschieden. In diesem Sinne ist bei der Anwendung des Induktionsgesetzes die induzierte Spannung eine einfachere Größe als die induzierte Feldstärke.

In der Mechanik müssen beim Übergang auf beschleunigte Bezugssysteme zusätzliche Trägheitskräfte eingeführt werden, über deren Herkunft nur der ruhende Beobachter plausible Angaben machen kann. Ähnlich ist es bei elektrischen und magnetischen Feldern bereits beim Übergang auf gleichförmig bewegte Bezugssysteme. Die zusätzliche Feldstärke  $\mathbf{E} = [\mathbf{v} \mathbf{B}]$  ist eine notwendige Konsequenz des Wechsels der Bezugssysteme. Sie erscheint als trivial, wenn man an die Definition von  $\mathbf{E}$  und  $\mathbf{B}$  denkt:  $\mathbf{E} = \text{Kraft/ruhende La-}$



Die Bilder 2 bis 5 veranschaulichen einige Induktionsversuche. In allen Bildern bedeuten die gepunkteten Rechtecke Gebiete, in denen ein Magnetfeld die Zeichenebene senkrecht durchsetzt.

In den Bildern 3 und 4 bedeuten die schraffierten und beiderseitig durch gebrochene Linien begrenzten Flächen Metallbleche. In Bild 4 fallen die oberen und die unteren Grenzen des Metallbleches mit den Feldgrenzen zusammen und die Gleitkontakte werden außerhalb des Feldes bewegt. Bild 5 veranschaulicht den Heringschen Versuch: Der Querschnitt des Magnetfeldes fällt mit den Grenzen der leitenden Fläche zusammen. Diese Fläche ist ein Querschnitt durch das Schlußjoch eines Magneten.

dung,  $\mathfrak{B}$  = Kraft/bewegte Ladung. Beim Wechsel des Bezugssystems werden aber ruhende Ladungen zu bewegten.

Zum Schluß fassen wir die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammen:

1. Aus dem Induktionsgesetz erhält man unabhängig vom gewählten Bezugssystem die in einer geschlossenen Kurve induzierte Umlaufspannung.

2. Man kann für die Induktion zwei „Ursachen“ ange-

ben: Elektrische Wirbelfelder und Lorentz-Kräfte. Die Zulegung der induzierten Spannung in diese beiden Anteile hängt vom Bezugssystem ab. Daher ist es unzulässig beide als grundsätzlich verschieden aufzufassen.

3. Das Induktionsgesetz reicht nicht aus, um die elektrische Feldstärke herzuleiten. Diese hängt von der Verteilung von Leitern im Felde und außerdem vom Bezugssystem ab.

## Zum Neuentwurf von VDE 0165 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“

Von K. Krapp, Ludwigshafen a. Rh.

DK 614.83 : 621.316 (05)

Unter den Bekanntmachungen des VDE auf S. 619 dieses Heftes wird auf den Entwurf der neu gefaßten Vorschriften über die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (VDE 0165) hingewiesen<sup>1</sup>. Die frühere Fassung dieser Vorschrift geht auf das Jahr 1935 zurück. Die Notwendigkeit ihrer Überarbeitung lag schon vor dem Jahre 1939 vor, doch wurde damals für die Festlegung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betrieben die Ausarbeitung von Bauvorschriften für explosionsgeschützte Geräte als vordringlich erachtet. Diese Bauvorschriften wurden in den Jahren 1939 ... 43 gemeinsam mit den Bauvorschriften für schlagwettergeschützte Geräte als VDE 0170/0171 in ausführlicher Form ausgearbeitet. Entsprechende Polizeiverordnungen<sup>2</sup> des Jahres 1943 legten fest, daß in explosionsgefährdeten Betriebsanlagen nur elektrische Betriebsmittel aufgestellt und betrieben werden dürfen, die den Vorschriften VDE 0170/0171 entsprechen und den dort angegebenen Prüfungen genügt haben. Mit dieser Festlegung der Ausführung der explosionsgeschützten Geräte, ihrer Prüfung und dem ausschließlichen Verwendungszwang war der gefahrlose Einsatz elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen schon weitgehend gewährleistet. Es bedurfte jedoch überdies noch entsprechender Vorschriften über die Errichtung dieser Anlagen. Während die Bauvorschriften VDE 0171 sich in erster Linie an den Hersteller explosionsgeschützter Geräte wenden und dem Betriebsmann hauptsächlich die Auswahl solcher Geräte für die verschiedenen Betriebsfälle an Hand geben, sollen die Errichtungsvorschriften VDE 0165 dem Projektteur und Betriebsmann verbindliche Anweisungen geben, wie elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten verschiedener Art zu errichten und zu betreiben sind, wie die Auswahl der nach VDE 0171 gebauten Betriebsmittel in den verschiedenen Fällen zu treffen und was bei ihrer Verwendung zusätzlich zu berücksichtigen ist.

Die vorliegenden Vorschriften VDE 0165 gelten nicht für elektrische Anlagen in schlagwettergefährdeten Grubenbauen, sie sind vielmehr das Gegenstück zu den dort geltenden Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage (VDE 0118).

Nachdem in § 1 die Behandlung bereits bestehender Anlagen kurz erfaßt ist, geht § 2 (Geltungsbereich) nicht nur auf die Abgrenzung der hier betrachteten Betriebe, sondern auch auf die Feststellung des Gefahrengrades ein, der sich bei Gasen und Dämpfen als Zündgruppe und Explosionsklasse ausdrückt, bei Stauben in der Entzündungstemperatur von Staubablagerungen und Staubluftgemischen. Hier stellt besonders die Tafel 1 „Kennzahlen brennbarer Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase“ eine bedeutende Bereicherung dar. Sie gibt für 181 Gas- und Dampfgemische die

Zündgruppe und Explosionsklasse an, stellt jedoch in den Errichtungsvorschriften beigefügter Form nur einen den Praktikern bestimmten Auszug aus einer viel umfänglicheren Tafel dar, die die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) herausgegeben hat und die etwa 377 Seiten umfaßt. Dieses Werk wird von der PTB weiterhin ergänzt und auf dem Laufenden gehalten und weit über den Rahmen der elektrotechnischen Stellen Interesse finden. Die Übertragung der Eigenschaften hat übrigens bei verschiedenen Stoffen zu einer Änderung der Eingruppierung gegenüber den Tafeln von VDE 0170/0171 geführt<sup>3</sup>.

Wie aus § 5 zu entnehmen ist, wurde außer der Gefährdung durch Gas- und Dampf-Luftgemische auch die durch Staub erfaßt. Wo Gefährdung nur durch Staub vorliegt, dürfen Betriebsmittel normaler Bauart in staubdichten Umhüllungen (P 43, oder für Maschinen P 33). Besondere Beachtung ist dann jedoch der Oberflächentemperatur zuwenden.

Nach der Besprechung allgemein vorzusehender Schutzmaßnahmen folgen besondere Schutzbestimmungen für verschiedene Betriebsmittel, die beispielsweise bei Leitungen eine Auswahl der für verschiedene Zwecke zulässigen Leitungsarten geben. Es sei noch auf die Tafel 3 hingewiesen, die im Zusammenhang mit § 6 dem Betriebsmann einen Überblick geben soll, welche Bestimmungen der Vorschrift VDE 0171 jeweils zu beachten sind und welche Brandschutzart nach DIN 40050 anzuwenden ist.

Wie früher, wurden auch in dem neuen Vorschriftenentwurf wieder Ausnahmebestimmungen aufgenommen, die bei besonders günstigen örtlichen und betrieblichen Verhältnissen bestimmte Erleichterungen zulassen.

Die neuen Vorschriften wurden durch eine VDE-Kommission bearbeitet, in der außer den Herstellern der Betriebsmittel die Verbraucher der chemischen Industrie, des Bergbaues, die Behördenvertreter aus dem Arbeitsministerium, die verschiedenen Instanzen für die Wahrung der betrieblichen und persönlichen Sicherheit, die Berufsgenossenschaft, Technische Überwachungsämter, amtliche Prüfstellen usw. vertreten waren. Diese Zusammenarbeit gewährleistet, daß die neuen Vorschriften den verschiedenen Betriebsverhältnissen ihres Anwendungsbereiches Rechnung tragen.

Vorschriften über Explosionssicherheit elektrischer Anlagen in so ausführlicher Form wie VDE 0171 und 0118 sind bisher in keinem anderen Land vor. Es ist naheliegend und verständlich, daß sie auch für andere Länder Vorbild werden. Umso wichtiger ist es, daß die Vorschriften nicht nur in ihren Einzelheiten technisch, sondern auch in ihrem Gesamtziel den verschiedenen Anwenderkreisen, für die sie gelten sollen, verständlich und gepaßt sind. Extreme Fälle sind in dieser Hinsicht Tankstellen, wo ungeschultes Personal mit et-

<sup>1</sup> Der Entwurf kann von der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Ostthaleenplatz 6, bezogen werden (siehe Bekanntmachung in der ETZ 72 (1951) H. 20, S. 619).

<sup>2</sup> Vgl. VDE 0051/X.43 „Polizeiverordnung über Schlagwetter- und Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel“.

<sup>3</sup> Hierdurch wird die Herausgabe der Tafel 1 gegenüber dem Schrifttext noch etwas verzögert.

len Flüssigkeiten arbeitet und die elektrischen Betriebsmittel auch unsachgemäßer Behandlung ausgesetzt sind. Wenn dagegen in der chemischen Industrie elektrische Betriebsmittel wie Beheizungen, Meß- und Überwachungsgeräte in jeweiliger Anpassung an die chemischen Apparaturen und Verfahren eingesetzt werden, so wird der Einbau stets durch geschultes Personal erfolgen. Hier würde u. U. der Gesamtsicherheitsgrad vermindert werden, wenn elektrische Hilfsmittel erst dann eingesetzt würden, sobald sie als komplett bescheinigte Seriengeräte vorliegen. Zwischen diesen Extremen liegen viele Zwischenstufen, in denen die Forderung nach höchster Sicherheit mit der nach vernünftiger Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden muß. Dieses Bestreben hat z. B. bei den Motoren und Apparaten zu der explosionsgeschützten Bauart „erhöhte Sicherheit“ (e), einer gegenüber der Bauart „druckfeste Kapse-“ wesentlich leichteren und wirtschaftlicheren Bauweise geführt, die größte Verbreitung gefunden hat. Durch Einführung der Bauart „e“ ist es möglich geworden, explosionsgeschützte Motoren in einer Leistung zu bauen, die in druckfester Bauart nicht ausführbar wäre. Dies zeigt, daß die Wahl der schwersten Schutzart keineswegs den höchsten

Sicherheitsgrad gewährleistet, ebenso kann eine Häufung von Sicherheitsmaßnahmen die Gesamtsicherheit mindern.

Es sei noch erwähnt, daß die Zahl der Zündungen von explosionsfähigen Gemischen durch elektrische Störungen ganz verschwindend ist. Dies ist auch darauf zurückzuführen, daß explosive Gemische meistens nur vorübergehend vorhanden sind und wegen ihrer Geruchs- oder toxischen Wirkungen meist bemerkt und beseitigt werden, ehe sie die Explosionsgrenze erreichen. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit, daß gleichzeitig eine zündfähige Störung auftritt, außerordentlich gering. Die Fälle, in denen elektrische Betriebsmittel in ständig vorhandenen explosionsfähigen Gemischen betrieben werden müssen, sind allerdings grundsätzlich schwerer zu beurteilen und verlangen druckfeste oder fremdbelüftete Ausführung der Betriebsmittel.

Nach der Natur der Vorschriften, die sich auf den jeweiligen Stand der Technik gründen, ist es selbstverständlich, daß sie mit der fortschreitenden Entwicklung der Betriebsmittel und der Verfahren sich ändern müssen und deshalb, ebenso wie die Bauvorschriften, von Zeit zu Zeit einer Überarbeitung bedürfen.

## Dynamische Unterwassermikrophone und -lautsprecher

(Mitteilungen aus dem Laboratorium der Akustischen- und Kinogeräte GmbH., Wien)

Von Hans Gemperle, Wien

DK 621.395.623.8 : 534—14

**Übersicht.** Der bekannte Meeresforscher Dr. Hans Mass hat erstmalig während seiner Expedition ins Rote Meer im Jahre 1950 für subaquatische biologische Untersuchungen und Tonfilmaufnahmen neuartige Schallwandler verwendet. Die Akustische und Kinogeräte GmbH., Wien, hat uns für diesen Zweck solche Wandler, ein Unterwassermikrophon und einen Unterwasserlautsprecher für den Tonfrequenzbereich, gebaut. Der Erfinder, der diese Geräte entwickelte, berichtet über die Berechnung und Ausführung, sowie über die technischen Beobachtungen und Erfahrungen, welche bei Versuchen und im Einsatz damit gemacht wurden.

### Einführung

Um die folgenden Ausführungen leichter verständlich zu machen, sei zunächst die Arbeitsweise und das Zusammenwirken akustischer Schaltelemente kurz besprochen. Akustische Geräte besitzen, ebenso wie elektrische, einen inneren Widerstand, der meist frequenzabhängig ist. Bei Schallwandlern (Mikrophonen und Lautsprechern) entsteht diese Impedanz im allgemeinen durch Hohlräume, schwingende Massen und Reibungswiderstände. Ein Hohlraum, der durch ein schwingungsfähiges Gebilde, z. B. eine Membrane oder einen Kolben, einseitig abgeschlossen ist, setzt der Hin- und Herbewegung dieser Elemente einen Widerstand entgegen. Die Gegenkraft ist einerseits der Größe der Auslenkung proportional und andererseits dem Volumen des Raumes verhältnismäßig proportional. Steht ein allseitig abgeschlossener Hohlraum durch eine Bohrung zum Beispiel mit der Außenluft in Verbindung, so erhält man bekanntlich einen Resonator. In der Bohrung befindliche kleine Luftvolumen verhalten sich bezüglich der raschen Hin- und Herbewegung wie ein elastischer Körper mit dem spezifischen Gewicht der Luft. Es verhält sich also eine Art Kolben. Die Masse dieses Kolbens ergibt sich aus der elastischen Kraft des Volumens einen akustischen Schwingungskreis (Helmholtz-Resonator). Der Luftkolben verhält sich seiner Trägheit zufolge einer rascher werdenden Beschleunigung entgegen. Er verhält sich so, wie eine Induktivität im elektrischen Wechselstromkreis. Entsprechend dem Transformationsverhältnis von Hohlraumquerschnitt zu Kolbenquerschnitt ergibt, bei gleicher Kolbenlänge, ein kleiner Kolbendurchmesser eine große Luftmasse und umgekehrt. Ebenso liefert ein kleiner Hohlraum eine große elastische Kraft und umgekehrt. Vergrößert man bei einem akustischen Schwingungskreis die Luftmasse und die elastische Kraft um den gleichen Faktor, so bleibt die Resonanzfrequenz er-

halten. Der reziproke Wert der elastischen Kraft verhält sich daher ähnlich wie eine Kapazität im Wechselstromkreis. Schlitz-, Dämpfungsmaterialien usw. stellen akustische Reibungswiderstände dar, sie verhalten sich ebenso, wie ihre elektrischen Gegenwerte im Stromkreis. Diese drei akustischen Schaltelemente sind in jedem akustischen Wandler in verschiedener Anzahl vorhanden und ergeben in ihrem Zusammenwirken den frequenzabhängigen Innenwiderstand des Gerätes. Die Beträge dieser Impedanzen sind z. B. bei 1000 Hz je nach Beschaffenheit des Gerätes einige Ohm bis einige 10 000  $\Omega$ , wobei jene der Lautsprecher bei höheren Werten zu suchen sind (ab einige 1000  $\Omega$ ).

### Akustische Anpassung

Da aus Raummangel hier nur auf eines der beiden Geräte eingegangen werden kann, sei der Anschaulichkeit wegen der Unterwasserlautsprecher näher behandelt. Den Reziprozitätsgesetzen der Akustik entsprechend lassen sich dann für die Berechnung des Mikrophones Rückschlüsse ziehen. Wie überall in der Technik ist auch bei akustischen Geräten die Anpassung zwischen den Werten des Generator- und Verbraucherwiderstandes für den Wirkungsgrad entscheidend. Bei Lautsprechern stellt die Masse der Membrane zusammen mit der Direktionskraft der Halterung und dem Materialreibungswiderstand die akustische Generatorimpedanz des Gerätes dar. Die Verbraucherimpedanz wird durch den Wellenwiderstand des jeweiligen Mediums gebildet. Dieser beträgt bei Luft 42 [gcm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>] und bei Seewasser 171 · 10<sup>3</sup> [gcm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>]. Es herrschen also für eine Schallabstrahlung im Wasser günstigere Anpassungsbedingungen vor als in Luft. Durch die Zusammendrückbarkeit der Luft wird der größte Teil der Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt und nur ein geringer Bruchteil in Form von Schall weitergeleitet. Man erhält daher kleine Wirkungsgrade (Lautsprecher in Rundfunkgeräten 0,2 ... 2%). Wasser ist dagegen nahezu unzusammendrückbar, wodurch eine bessere Schallabstrahlung und ein höherer Wirkungsgrad erreicht werden.

### Schallausbreitung im Wasser<sup>1</sup>

Die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten ist nach bekannten physikalischen Gesetzen gegeben durch

<sup>1</sup> Vgl. auch F. Aigner: Unterwasserschalltechnik.



$$c = \sqrt{\frac{1}{K \cdot \rho}} \quad [\text{cm s}^{-1}] \quad (1)$$

$K$  = Kompressibilität [ $\text{g}^{-1} \text{cm}^2 \text{s}^{-2}$ ]  
 $\rho$  = Dichte der Flüssigkeit [ $\text{g cm}^{-3}$ ].

Der spezifische Schallwellenwiderstand berechnet sich aus  
 $Z = \rho \cdot c \quad [\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}]. \quad (2)$

Die Kompressibilität von Wasser wird durch Druck, Temperatur und Salzgehalt beeinflusst. Für Drücke unter 100 atü läßt sich die Temperaturabhängigkeit der Kompressibilität von Seewasser berechnen aus

$$K = 4,81 \cdot 10^{-11} - 3,4 \cdot 10^{-13} t + 3 \cdot 10^{-15} t^2 \quad (3)$$

$t$  = Temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Entgegen dem Verhalten aller anderen Flüssigkeiten nimmt somit  $K$  von Wasser bei steigender Temperatur ab. Die Abnahme der Kompressibilität kann bei den hier auftretenden Überdrücken (etwa 10 atü bei 100 m Tauchtiefe) wegen Kleinheit vernachlässigt werden. Die Zunahme des Salzgehaltes um 10/100 bewirkt eine Abnahme von  $K$  um  $1,2 \cdot 10^{-9}$ . Druck, Temperatur und Salzgehalt beeinflussen auch die Dichte des Wassers. Sie nimmt bei 100 m Wassertiefe um 0,000046 zu. Für die hier durchgeführte Rechnung kann daher Wasser bei diesen Tiefen als unzusammendrückbar angenommen werden. Bei Temperaturen  $\geq 4^{\circ}\text{C}$  ist die Dichte bekanntlich kleiner als 1. Der funktionelle Zusammenhang zwischen Dichte und Salzgehalt bei Seewasser ist nach Knudsen

$$\rho = \rho_t + 0,0008 \cdot \sigma \quad (4)$$

$\rho_t$  = Dichte des Wassers [ $\text{g cm}^{-3}$ ] bei einer Temperatur von  $t$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\sigma$  = Salzgehalt [10/100].

Der vom Wasser erfüllte Raum eines Meeres, Sees oder Gewässers kann durch seine flächenartige Ausdehnung als Platte aufgefaßt werden, in deren Inneren sich die Schallwellen zylinderförmig ausbreiten. Dementsprechend würde die von einer Schallquelle ausgestrahlte Schallenergie linear mit der Entfernung abnehmen. In das Medium eingeschlossene Lufträume, Temperaturunterschiede, die innere Reibung des Seewassers usw. ergeben einen zusätzlichen Energieverlust, der durch einen Absorptionskoeffizient berücksichtigt wird. Man kommt daher zu folgendem Schallausbreitungsgesetz im Wasser

$$I_r = \frac{I_0}{r} \cdot e^{-2br} \quad (5)$$

$I_r$  = Schallintensität [ $\text{W cm}^{-2}$ ] in der Entfernung  $r$  [cm] vom Sender

$I_0$  = ausgestrahlte Schallenergie des Lautsprechers [ $\text{W cm}^{-2}$ ]

$b$  = Absorptionskoeffizient;

$b$  ist für Seewasser als empirischer Wert gegeben durch

$$b = 1,35 \cdot 10^{-16} \cdot f^2 \quad (6)$$

$f$  = Frequenz [Hz].

Für Entfernungen bis 1000 m ist im mittleren Tonfrequenzbereich der Absorptionskoeffizient vernachlässigbar klein und die Schallausbreitung für Frequenzen von 2 Hz bis 50 MHz frequenzunabhängig. Den günstigen Eigenschaften des Mediums entsprechend kann bei gleicher abgestrahlter Leistung im Wasser eine etwa 1000 mal so große Reichweite erzielt werden wie in Luft.

### Anforderungen

Die ursprünglichen Anforderungen für die Entwicklung der ersten Geräte erwuchsen aus dem Bedarf nach geeigneten Schallwandlern für biologische Untersuchungen über die Rolle des Unterwasserschalles im Leben der Fische. Beobachtungen von Dr. Hans Hass und ausführliche Untersuchungen von Frisch, Stetter u. a. m. ergeben, daß Fische Laute erzeugen und wahrnehmen können, die in den Tonfrequenzbereich fallen. Es wurde festgestellt, daß manche Tiere ein Gehör besitzen, welches das eines Menschen im mittleren Alter in bezug auf Empfindlichkeit und Frequenzbereich übertrifft. Es ist zum Beispiel bekannt, daß Zwerg-

welse Schallschwingungen bis zu 13 000 Hz wahrnehmen können und daß die Elritze, deren Gehöreinrichtung bis 6000 Hz arbeitet, auf Tonhöhenunterschiede von einer kleinen Terz reagieren kann. Manche Fischarten besitzen eine Reizschwelle, welche der eines gesunden Menschen gleichkommt, das ist  $10^{-16} [\text{W cm}^{-2}]$ . Da die Geräte außer für Forschungszwecke auch für Unterwassertonfilmaufnahmen und zur Übermittlung von Anweisungen an getauchte Personen verwendet werden sollten, ergaben sich folgende elektroakustische Anforderungen für den Unterwasserlautsprecher (jene für das Unterwassermikrophon sind entsprechend):

Frequenzbereich 30 ... 20 000 Hz.

Abgestrahlte Leistung so groß, daß in einer Entfernung von  $r = 500$  m mindestens die 106fache Schallintensität an Reizschwelle vorhanden ist.

Tauchtiefe 30 m.

Tropensicher, seewasserfest für intermittierenden Betrieb. Handliche, aber robuste Ausführung.

Nachdem die ersten Geräte zur Zufriedenheit gearbeitet haben, fanden sie für die verschiedensten Verwendungszwecke allgemeines Interesse. Es stiegen insbesondere die Anforderungen an die Tauchtiefe, welche bei den letzten Erzeugnissen bereits 100 m beträgt (siehe Bild 5).

### Ausführung

Nimmt man für den Salzgehalt 50 [10/100] und eine mittlere Wassertemperatur von  $2^{\circ}\text{C}$  an, so erhält man nach den Ausdrücken (1) ... (4) nachstehende Werte für die Konstanten des Mediums:

Schallgeschwindigkeit  $c = 1,65 \cdot 10^5 [\text{cm s}^{-1}]$

Spezifischer Schallwellenwiderstand  $Z = 1,71 \cdot 10^5 [\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}]$

Kompressibilität  $K = 3,55 \cdot 10^{-11} [\text{g}^{-1} \text{cm}^2 \text{s}^{-2}]$

Dichte  $\rho = 1,037 [\text{g cm}^{-3}]$

Betrachtete Frequenz = 1000 [Hz].

Um den für Unterwasserschallgeräte überaus großen Frequenzbereich verarbeiten zu können, entschied man sich für das elektrodynamische Umwandlerprinzip, welches in seiner Funktion hinreichend bekannt ist. Der Strahlungswiderstand der kolbenförmig schwingenden Membrane ist nach der klassischen Schalltheorie

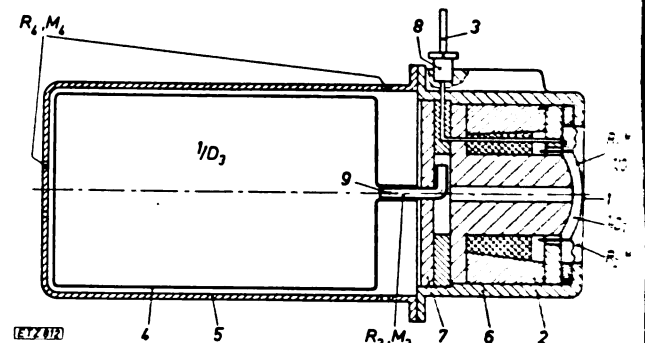
$$R_s = \frac{\rho \pi}{4c} \omega^2 r^4 \quad [\text{g s}^{-1}]$$

für  $r$  = Radius der wirksamen Membranfläche [cm].

$$r < \frac{\lambda}{2\pi}$$

$\lambda$  = Wellenlänge [cm]

Der Strahlungswiderstand ist also proportional dem Quadrat der Frequenz. Aus bekannten Gründen muß man, um den Frequenzabhängigkeit auszugleichen und bei dynamischen

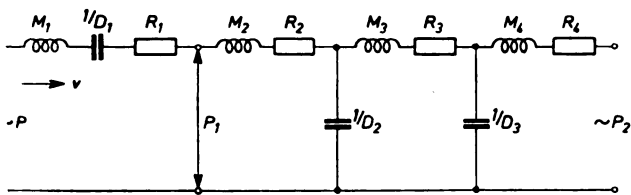


- 1 Tiefabgestimmtes schwingendes System
- 2 Permanentmagnet
- 3 Anschlusskabel
- 4 Ballon für statischen Druckausgleich
- 5 Gehäuse für Druckausgleichsballon
- 6 Gehäuse für das Antriebssystem
- 7 Wasserdichte Zwischenwand
- 8 Stoffbuche für das Kabel
- 9 Verbindungskanal vom Druckausgleichsballon in das Innere des Antriebssystems

Bild 1. Schnittschema des Unterwasserlautsprechers.

ausprechern zu einer konstanten Abstrahlung zu gelangen, ein tief eingespanntes System verwenden. Damit ein solches System statischen Druck entlastet schwingen kann, muß eine Druckausgleichseinrichtung geschaffen werden.

In Bild 1 ist der schematische Aufbau des Unterwasserlautsprechers zu sehen. Die Druckausgleichseinrichtung besteht aus einem Gummiballon [4], dessen Volumen über einen Kanal [9] mit dem Innenraum des Antriebsgehäuses [6] verbunden steht. Der Ballon ist zum Schutze gegen Beschädigung und aus akustischen Gründen in einem Messinggehäuse [5] untergebracht, in welches durch Öffnungen Wasser eintreten kann. Wird nun mit zunehmender Tiefe der Wasserdruck größer, so wird der dem Wasserdruck ausgesetzte Ausgleichsballon zusammengedrückt. Der Druck pflanzt sich durch den Kanal in das Innere des Antriebssystems fort und stellt so hinter der Membrane die gleichen Druckverhältnisse her, wie sie im Wasser vorhanden sind. Die Membrane kann sich dadurch vollkommen frei und druckentlastet bewegen. Im unzusammendrückbaren Medium Wasser stellt ein elastischer, luftgefüllter Körper einen Schallabsorber dar. Es müssen daher Mittel gefunden werden, welche vermeiden, daß die von der Membrane nach vorne abgestrahlte Energie vom Druckausgleichsballon hinten absorbiert wird. Weiter muß Sorge dafür getragen werden, daß keine Energie von der Lautsprechermembrane durch den Druckausgleichskanal zum Gummiballon gelangt. Um diesen Forderungen nachzukommen, war es nötig, akustische Filter zu verwenden. Die Wirkungsweise dieser Einrichtungen macht man sich am besten an Hand des Ersatzschaltbildes klar.



- Hier und in den Bildern 1 bis 4 bedeuten:
- $P$  Antreibende Kraft, an der Tauchspule wirkend
  - $P_1, P_2$  Teilkräfte
  - $M_1$  Masse des schwingenden Systems
  - $M_2$  Schwingende Wassermasse an der Membrane
  - $M_3$  Luftmasse im Verbindungskanal
  - $M_4$  Wassermasse in den Ausgleichsöffnungen und im Inneren des Druckausgleichsbehälters
  - $D_1$  Rückstellkraft des schwingenden Systems
  - $D_2$  Rückstellkraft des Luftvolumens im Gehäuse
  - $D_3$  Rückstellkraft des Luftvolumens im Druckausgleichsballon
  - $R_1$  Reibungswiderstand des schwingenden Systems
  - $R_2$  Strahlungswiderstand
  - $R_3$  Reibungswiderstand im Verbindungskanal
  - $R_4$  Reibungswiderstand an den Ausgleichsöffnungen

Bild 2. Elektromechanisches Ersatzschaltbild des Lautsprechers.

Akustische Schaltelemente lassen sich, wie eingangs erwähnt, ihrer Wirkungsweise entsprechend, durch elektrische Symbole ersetzen und zusammenschalten. Bild 2 zeigt das Ersatzschaltbild für den Unterwasserlautsprecher. Die Teilkraft  $P_1$  tritt unmittelbar an der Membrane, die Teilkraft  $P_2$  an den Ausgleichsöffnungen auf. Zwischen  $P_1$  und  $P_2$  besteht durch die räumliche Ausdehnung des Gerätes eine Phasenverschiebung. Für die angeführten Überlegungen kann diese aber außer acht gelassen werden, da die Wellenlängen im betrachteten Frequenzbereich nur kleine Phasendifferenzen ergeben. Man erhält nach dieser Vereinfachung das Ersatzschaltbild des Bildes 3. Bemittelt man nun den Verbindungskanal so, daß der Massenwiderstand  $\omega M_3$  und der Reibungswiderstand des Kanals  $R_3$  gegenüber  $D_2/\omega$  sehr groß ist und außerdem die Serienresonanz  $M_3$  mit  $1/D_3$  unterhalb des Übertragungsbereiches liegt, so wird der Verbindungskanal

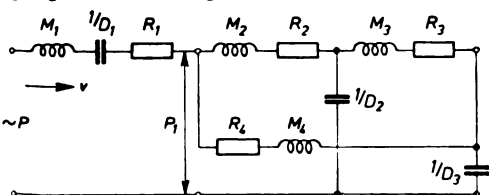


Bild 3. Ersatzschaltbild für phasengleiche Teilkräfte.

für die im Übertragungsbereich liegenden Schallschwingungen undurchlässig. Geht man nun einen Schritt weiter und bemittelt die Ausgleichsöffnungen im Druckausgleichsbehälter unter Berücksichtigung der in diesem verbleibenden Wassermasse so, daß die Resonanz, gebildet aus  $M_4$  und  $1/D_3$  ebenfalls unter 30 Hz zu liegen kommt und der Massenwiderstand  $\omega M_4$  sehr groß gegenüber der Strahlungsimpedanz ist, so wird die absorbierende Wirkung des Ausgleichsballones unwirksam gemacht. Faßt man nun die beiden Rückstellkräfte  $D_1$  und  $D_2$  zu  $D$  zusammen, und vernachlässigt man die Materialreibung  $R_1$  in der Membrane, so erhält man das für eine überschlägige Rechnung zugängliche Ersatzschaltbild in Bild 4. Die Berechnung der Filter erfordert einen großen mathematischen Aufwand. Sie muß so geführt werden,

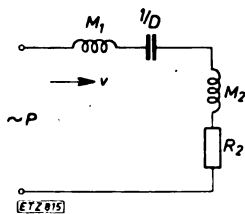


Bild 4. Vereinfachtes Ersatzschaltbild.

daß für jede Tauchtiefe die untere Grenzfrequenz des Übertragungsbereiches sichergestellt ist. Die Tauchtiefe geht hier als wesentlicher Faktor ein.

Zur Errechnung der erforderlichen Strahlungsenergie multipliziert man zunächst, der Angabe entsprechend, die Leistung an der Reizschwelle mit dem Faktor  $10^6$ . Sieht man noch eine 100fache Sicherheit vor, so beträgt die geforderte Leistung in 500 m Entfernung  $I_r = 10^{-8} \text{ W cm}^{-2}$ . Der Absorptionskoeffizient ist im vorliegenden Fall außerordentlich klein (Gl. 6), so daß mit Gl. (5) die nötige Lautsprecherleistung  $I_0 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ W cm}^{-2}$  beträgt. Die Antriebskraft einer Tauchspule des schwingenden Systems ergibt sich aus

$$P = B l i \text{ [dyn]} \tag{9}$$

- $B$  Feldstärke im Luftspalt [Gauss]
- $l$  Leiterlänge der Tauchspule [cm]
- $i$  Tauchspulenstrom [A].

Die Schnelle des schwingenden Systems ist

$$v = P/Z \text{ [cm s}^{-1}\text{]}, \tag{10}$$

wobei  $Z$  den Betrag der gesamten Impedanz des Ersatzkreises in Bild 4 darstellt.

$$Z = \sqrt{R_2^2 + \omega^2 (M_1 + M_2)^2 - \frac{D^2}{\omega^2}} \text{ [g s}^{-1}\text{]}. \tag{11}$$

In Analogie zur Originalausführung wird für die weiteren Betrachtungen ein permanent dynamisches Antriebssystem mit folgenden Kenngrößen verwendet:

- $M_1 = 13 \text{ [g]}$  (Masse des schwingenden Systems)
- $D_1 = 1,3 \cdot 10^8 \text{ [dyncm}^{-1}\text{]}$  (Rückstellkraft des schwingenden Systems)
- $r = 4 \text{ [cm]}$  (Membranradius)
- $B = 12000 \text{ [Gauss]}$  (Feldstärke im Luftspalt)
- $l = 700 \text{ [cm]}$  (Länge des Schwingspulendrahtes)
- $R_i = [\Omega]$  (Schwingspulenwiderstand)
- $R_2$  = berechnet sich aus Gl. (8) mit  $49,6 \cdot 10^8 \text{ [g s}^{-1}\text{]}$

Die mitschwingende Wassermasse  $M_2$  ist nach L. R a y l e i g h zu bestimmen aus

$$M_2 = \frac{8}{3} \cdot \frac{\rho}{\sqrt{2}} \cdot c^3 \text{ [g]} \tag{12}$$

und ergibt im vorliegenden Fall  $M_2 = 125 \text{ [g]}$ . Somit erhält man aus (11)  $Z = 8 \cdot 10^8 \text{ [g s}^{-1}\text{]}$ . Die benötigte, von der Membranfläche  $F = 50 \text{ [cm}^2\text{]}$  abstrahlende Leistung ist  $N_0 = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ [W]} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ [g cm}^2 \text{ s}^{-3}\text{]}$ .  $N_0$  tritt am Strahlungswiderstand  $R_2$  auf und errechnet sich aus

$$N_0 = v^2 R_2 \text{ [erg} \cdot \text{s}^{-1}\text{]} \tag{13}$$

Daraus erhält man  $v = 2,26 \text{ [cm s}^{-1}\text{]}$ . Somit ist aus Gl. (10) die erforderliche Antriebskraft  $P = 1,8 \cdot 10^6 \text{ [dyn]}$ . Der Tauchspulenstrom ergibt sich aus Gl. (9) mit  $i = 0,215 \text{ [A]}$ . Die nötige elektrische Leistung an der Tauchspule ist demnach  $N_{el} = 0,27 \text{ [W]}$ . Der Wirkungsgrad des Unterwasserlautsprechers ist daher

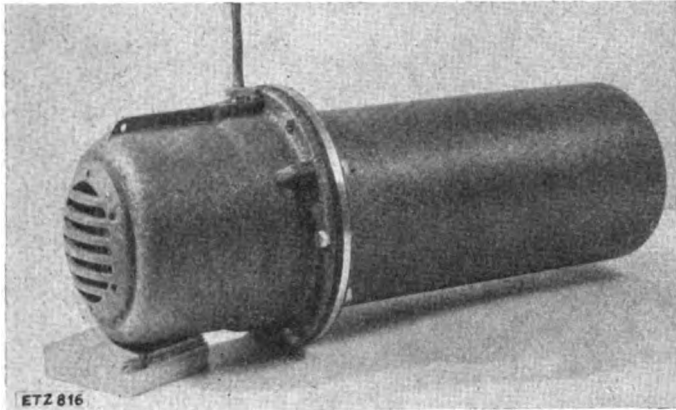


Bild 5. Unterwasserlautsprecher für 100 m Tauchtiefe (Serienzeugnis).

$$\frac{N_0}{N_{el}} \cdot 100 = 9,3 \% . \quad (14)$$

Das oben angeführte Antriebssystem kann mit 20 W Sprechleistung belastet werden. Das Gerät ist bezüglich der gestellten Anforderungen mit mehr als 70facher Sicherheit berechnet.

Die Gehäuse der Unterwasserlautsprecher (Bild 5)<sup>1</sup> und Unterwassermikrophone sind aus massivem Messingguß hergestellt, als Magnetmaterial wird Ticonal verwendet. Die Membranen bestehen aus tropfenfesten Kunststoffen, sind seewasserfest und werden bei Inbetriebnahme direkt dem Wasser ausgesetzt. Ein an den Geräten montierter, wasserdichter Stecker mit selbstreinigenden Kontakten gestattet es, das dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechende Kabel zur Transporterleichterung abzuziehen.

#### Erfahrungen und Versuchsergebnisse

Die Bilder 6 und 7 zeigen die ersten Unterwasserschallgeräte der beschriebenen Art während ihres Einsatzes bei der Dr. Hans H a s s - Expedition 1950 im Roten Meer<sup>2</sup>. Die bei diesem Unternehmen gemachten Erfahrungen haben dazu beigetragen, die Qualität und Betriebssicherheit der Wandler zu erhöhen. Einige interessante Beobachtungen seien hier kurz angeführt.

Der Frequenzgang der Geräte wurde durch Abhören und Messen überprüft. Es wurden alle Frequenzen von der unteren bis zur oberen Hörgrenze gleichmäßig gut über eine Wasserstrecke (Lautsprecher — Wasser — Mikrophon) übertragen, so daß beim Abhören von Musik und Sprache der



Bild 6. Dr. Hans H a s s mit dem ersten Unterwasserlautsprecher an einem Korallenriff im Roten Meer.

<sup>1</sup> Die Aufnahme 5 entstammt dem Bildarchiv der AKG.

<sup>2</sup> Die Aufnahmen 6 und 7 entstammen dem Bildarchiv von Dr. H a s s.

Klangcharakter vollkommen erhalten war und die Identität der Stimme gewahrt blieb. Schwimmt man z. B. auf dem Rücken und hat beide Ohren im Wasser, so kann man vom Lautsprecher ins Wasser ausgestrahlte Musik ebenso wahrnehmen wie bei Wiedergabe von einem guten Rundfunkempfänger. Die Bässe kommen angenehm weich und die hohen Töne sind gut zu hören. Bei größeren Entfernungen (ab 20 m vom Lautsprecher) nimmt beim Abhören mit dem Ohr die Bässwiedergabe ab, wogegen sie mit dem Mikrophon aufgenommen werden kann. Die Luftkammer, welche sich im Außenohr zwischen Wasser und Trommelfell bildet, besitzt die Wirkung einer Serienkapazität und schwächt die tiefen Frequenzen. Bei kleineren Entfernungen vom Lautsprecher erfolgt die Tiefenübertragung auf das Gehörssystem durch Knochenleitung oder durch die Bauchdecke. Bei der Expedition wurden im Roten Meer in einer Entfernung von 3,5 km Musik, welche mit 4 W elektrischer Leistung dem Lautsprecher zugeführt wurde, mit dem Ohr im Wasser klar und deutlich gehört und identifiziert. Die Bässe klangen allerdings aus obigen

Gründe dünn. Eine Nachrechnung nach dem Ausbreitungsgesetz (5) ergibt bei 1000facher Sicherheit am Empfangsort eine Lautstärke von 50 phon im Wasser, was normaler Unterhaltungslautstärke entspricht. Mit Hilfe des Unterwasserlautsprechers konnten bei Unterwasser- aufnahmen den Expeditionsmitgliedern Regieanweisungen erteilt werden. Das Arbeiten der Druckausgleichseinrichtungen war beim Mikrophon sehr gut zu beobachten. Während des Absenkens von 2 auf 10 m Tiefe setzte die Wiedergabe aus und kam erst nach einigen Sekunden Stillstand mit ihrem vollen Wert wieder.

Die Verzögerung erklärt sich aus der Zeitkonstante, welche durch den kleinen Querschnitt des Verbindungskanals gegeben ist. Daß diese Zeitkonstante sehr beachtet werden muß, zeigte sich bei einer vor kurzem durchgeführten Druckprobe an einem Gerät für 100 m Tauchtiefe. Ein elektrisch angeschlossener Unterwasserlautsprecher befand sich in wassergefüllten Autoklaven unter 12 atü Druck. Durch einen Fehler in der Apparatur sank nach Beendigung des Versuches der Druck plötzlich von 12 auf 5 atü. Die Druckausgleichseinrichtung konnte dem nicht folgen, die Membrane wurde herausgedrückt. Es ist deshalb sehr wesentlich, daß die zulässige Senk- und Hebegeschwindigkeit von 8 m/min eingehalten wird. Mit dem Unterwassermikrophon konnten auch Geräusche aus sehr großen Entfernungen gut abgehört werden. Unterwasserschreie in etwa 2 m Abstand ausgestoßen klangen beim Abhören wie das Brüllen eines Löwen.

#### Zusammenfassung

Nach einer kurzen Einführung über akustische Schallelemente und Schallausbreitungsverhältnisse im Wasser wurde an Hand von Ersatzschaltbildern eine vereinfachte Berechnung eines Unterwasserlautsprechers für eine bestimmte Leistung durchgeführt und gezeigt, daß für Schallabstrahlung im Wasser höhere Wirkungsgrade erzielt werden als in Luft. Die Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß es gelungen ist, Unterwasserschallgeräte für den Tonfrequenzbereich nach dem elektrodynamischen Prinzip mit Erfolg zu bauen. Derartige Breitband-Unterwasserschallwandler finden in der modernen Unterwasserschalltechnik ein vielseitiges Anwendungsgebiet.

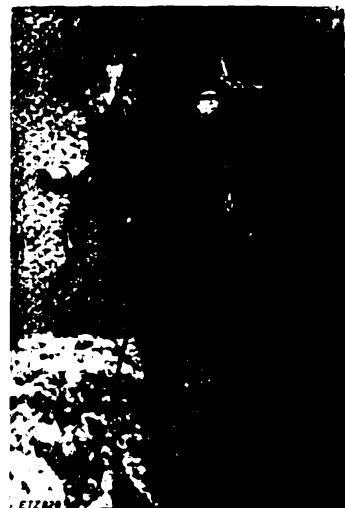


Bild 7. Ein Mitglied der Expedition bei Abtauchen mit dem ersten Unterwassermikrophon.

## Polwenderegler für Modellbahnen

Von H. Thorey, Göppingen

DK 621.35 : 688.72

**Übersicht.** In ETZ 71 (1950) S. 169 wurde über die Fahrstromverteilung bei Modellbahnen berichtet. Seit dieser Veröffentlichung hat die terhaltende Wissenschaft des Modellbahnwesens beträchtlich an Interessen gewonnen. Es erscheint deshalb gerechtfertigt, an dieser Stelle einige technische Fortschritte hinzuweisen.

### Verbreitung des Modellbahnwesens

Genauere Zahlen über die Verbreitung des Modellbahnwesens können zwar zur Zeit noch nicht genannt werden, doch liegen Schätzungen von Fachleuten vor, die sich auf die Auflagehöhe von Fachzeitschriften, auf die Zahl der Fachgeschäfte im In- und Ausland sowie auf jahrelange Marktbeobachtung und Umsätze an Modellbahnen stützen. Es ist mittlerweile bekannt, daß bereits über 90 Vereinigungen von Modellbahnern in Deutschland bestehen, wie Interessengemeinschaften und Verbrauchergenossenschaften, die teilweise merkwürdige Mitgliederzahlen haben.

Eine Zahl von über 100 000 Modellbahnern dürfte für Deutschland hiernach als ungefähr zutreffend erachtet werden. Die USA, in denen das Modellbahnwesen sich in den letzten Jahren rascher entwickeln konnte, dürften etwa dreifache Zahl von Interessenten haben. In diesen Schätzungen sind keineswegs die Liebhaber aller Arten von Miturbahnen enthalten, wie beispielsweise die Käufer von elektrischeisenbahnen. Deren Zahl ist wesentlich größer.

### Stromart

Bevorzugte man für den Betrieb der Modellbahnen ursprünglich Wechselstrom wegen der einfachen Möglichkeit, Spannung durch Transformatoren herabzusetzen zu können, zeigte sich jedoch bald, daß dies für die Fernsteuerung gewisse Schwierigkeiten hatte. Beim Betrieb mit Gleichstrom ab sich der überaus einfache Weg, die Umsteuerung der Triebmotoren in den Fahrzeugen durch Polwender vorzunehmen, ohne daß hierfür störanfällige Schaltgeräte benötigt würden. Begünstigt wurde diese Entwicklung dadurch, daß leistungsfähige Selengleichrichterzellen auf den Markt kamen, daß weiterhin eine Anzahl hindernder Schutzrechte erloschen sind und schließlich beträchtliche Fortschritte auf dem Gebiet der permanentmagnetischen Werkstoffe erzielt werden konnten.

### Regelung des Fahrstromes

Um die den Fahrmotoren zugeführte Leistung und damit die Drehzahl zu regeln, hat man bereits vielerlei Wege eingeschritten. Anfangs begnügte man sich damit, die Transformatoren sekundärseitig anzuzapfen und nun stufenweise zu regeln. Die Stufensprünge waren dabei verhältnismäßig groß, ein feinfühliges Regeln war somit nicht möglich. Zur Überbrückung des Übergangs von einer Stufe zur anderen unangenehme Nebenerscheinungen (Windungsschluß), die sich durch einen erhöhten Aufwand an Schaltmitteln mildern lassen.

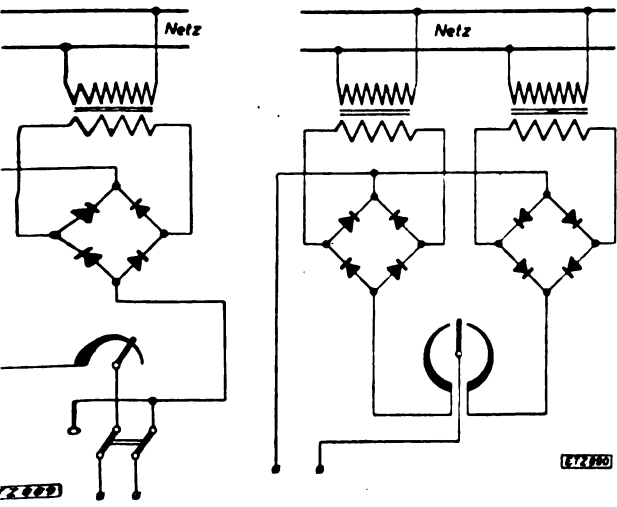


Bild 1. Widerstandsregler mit einem Polwendschalter.

Bild 2. Doppelregler mit gegeneinander geschalteten Gleichstromquellen.

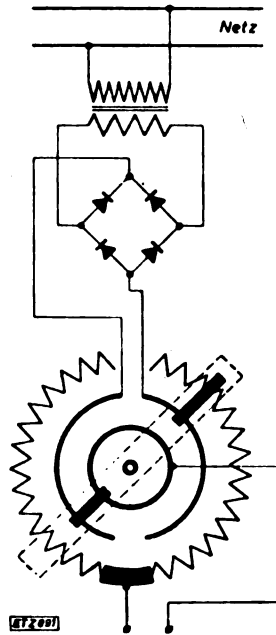


Bild 3. Polwenderegler mit je einer Wicklung für jede Stromrichtung.

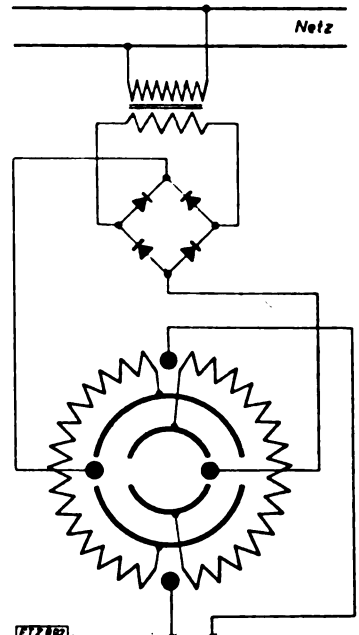


Bild 4. Polwenderegler mit geteilter Wicklung und festliegenden Schleifkontakten nach Vorschlag Thorey.

Eine praktisch stufenlose Regelung ließ sich erreichen, indem man den Kraftlinienfluß im Transformator veränderlich machte. Dabei nahm man jedoch in Kauf, daß die Sekundärspannung von der Belastung sehr abhängig wurde („weicher“ Transformator). Etwas besser war es, die Stufensprünge zu verkleinern, wie beispielsweise dadurch, daß man die oberste Lage der Sekundärwicklung als Schleifbahn für einen Kontakt benutzte. Diese Art der Regelung ist bei Spielzeug-Eisenbahntransformatoren auch heute noch vielfach im Gebrauch und genügt auch den an ein Kinderspielzeug zu stellenden Anforderungen durchaus.

Der Transformator, ein an sich schon nicht billiges Gerät, wird durch solche Einrichtungen verteuert. Außerdem hat man nicht mehr den Vorteil der idealen ruhenden Maschine, die sich zuverlässig feuchtigkeitsdicht kapseln läßt.

### Widerstandsregler

Man ging daher in der Modellbahn-Technik sehr bald dazu über, die Fahrspannung durch einen regelbaren Widerstand den jeweiligen Betriebsbedingungen anzupassen. Für die Umsteuerung der Fahrtrichtung diente ein getrennter Polwendschalter. Zwischen Transformator und Regler wurde dabei ein Trockengleichrichter in Graetzschaltung angeordnet (Bild 1). Diese Art hat sich bisher bewährt und wird auch heute noch angewandt.

Nachteilig bei dieser Schaltung ist es, daß zwei Betätigungsorgane zu beobachten sind, nämlich einerseits die Stellung des Reglerknopfes und andererseits die des Fahrtrichtungsschalters. Bevor dieser umgelegt wird, soll der Regler auf seine Nullstellung gebracht werden.

Bei dem in Bild 2 gezeigten Doppelregler ist dieser Nachteil vermieden, doch ist der Aufwand an Geräten recht groß. Der Reglerknopf zeigt aber hierbei die Reglerstellung und die Stromrichtung an, und das Umpolen ist nur nach Durchlaufen der Nullstellung möglich.

### Polwenderegler

Ein wesentlich kleinerer Aufwand läßt sich durch einen Polwenderegler erreichen, dessen Schaltschema Bild 3 zeigt. Der Regler hat zwei Wicklungen, auf denen ein Schleifkontakt gleitet, und zwei Schleifbahnen, auf denen je ein Kontakt gleitet. Durch den Reglerknopf werden die Kontakte bewegt. Von den Widerstandswicklungen ist jeweils eine in

Betrieb. Der Regler braucht also bei einem Widerstand von beispielsweise 40 Ω Widerstandsmaterial für insgesamt 80 Ω.

Hieraus ergab sich die Aufgabe, einen Regler zu entwickeln, bei dem der Aufwand an Widerstandsmaterial nicht größer ist, als im Höchstfall auch benötigt wird.

In Bild 4 ist das Schaltbild des neuartigen vom Verfasser entwickelten Reglers gezeigt. Die Wicklung hat insgesamt keinen höheren Widerstand, als im Höchstfall gebraucht wird. Sie ist je zur Hälfte geteilt und liegt mit ihren Enden an halbkreisförmigen Schleifbahnen. Eine weitere Besonderheit des Reglers besteht darin, daß Wicklung und Schleifbahnen in einem zylindrischen Block eingebettet sind, der auf der Reglerachse befestigt ist und vom Zeigerknopf gedreht werden kann. Damit ergibt sich eine verhältnismäßig billige Herstellungsart. Die Schleifkontakte sind fest angeordnet, diese Maßnahme bietet ebenfalls fertigungsmäßige Vorteile.

Die Abmessungen der Regler ergeben sich im wesentlichen durch die unterzubringende Widerstandswicklung, d. h. durch deren Widerstandswert und ihre Belastbarkeit. Bei dem neuen Regler wird nicht nur der Widerstandswert voll ausgenutzt, sondern auch die Belastung kann gegenüber den bisher gebräuchlichen Reglern erhöht werden, weil der Luftumlauf zur Kühlung nicht durch Schleiferbrücken oder ähnliche Bauteile behindert wird.

Die Widerstandswicklung ist der Teil des Reglers, der die Beanspruchung des Gebrauches zu übernehmen hat. Bei richtiger Bemessung dürfte sie also der Teil sein, der am wenigsten erneuerungsbedürftig wird, sei es durch mechanischen Verschleiß infolge Kontaktreibung oder durch elektrische Beanspruchung (Durchbrennen). In solchem Falle kann die Wicklung in wenigen Sekunden ausgewechselt werden, ohne daß ja keine elektrischen Verbindungen gelöst zu werden brauchen.

**Zusammenfassung.**

Im Modellbahnwesen hat sich der Betrieb mit Gleichstrom immer mehr eingeführt, wobei der Fahrstrom durch Widerstandsregler den jeweiligen Betriebsbedingungen angepaßt wird und die Fahrtrichtung durch die Richtung des Fahrstromes festgelegt ist. Bei neuen Reglerbauarten ist ein Polwendeschalter in die Reglerkonstruktion einbezogen. Nach Vorschlägen des Verfassers können durch die Anordnung der Widerstandswicklung und der Kontakte beträchtliche Einsparnisse an Werkstoffen und Fertigungskosten erzielt werden. Die dem Verschleiß unterworfenen Teile können besonders leicht und rasch ohne Lösen der elektrischen Anschlüsse ausgewechselt werden.

**Zündgeräte für Hoch- und Höchstdrucklampen**  
(Mitteilung aus der Osram-Studiengesellschaft)

Von Hermann Ramert, Berlin

DK 621.327.1.012

**Übersicht.** Für Höchstdrucklampen mit Quecksilberdampf-Füllung reichen zur Zündung im kalten Zustand einfache Hilfsmittel aus, da die Zündspannung der Gasstrecke nur unwesentlich höher ist als die für die Lampe erforderliche Netzspannung. Erst wenn im heißen Zustand kurz nach dem Ausschalten gezündet werden soll, sind infolge des hohen Dampfdruckes von mehreren Atmosphären Zündspannungen von einigen tausend Volt erforderlich. Für die in letzter Zeit bekanntgewordenen Xenon-Hochdrucklampen beträgt die Zündspannung stets einige tausend Volt, da diese Lampen einen Fülldruck von mehreren Atmosphären besitzen.

Die zum Zünden erforderliche Hochspannung kann auf zwei Wegen der Entladungsstrecke zugeführt werden, entweder mit der bei den bekannten Quecksilber-Hochdrucklampen verwendeten Zündelektrode<sup>1, 2</sup>, oder durch Überlagerung der Hochspannung über die an die Lampe angelegte Netzspannung. Bei einer Zündelektrode sind trotz der einfachen Anordnung verschiedene Gesichtspunkte für den Aufbau eines sicher arbeitenden Zündgerätes zu beachten, über die im ersten Abschnitt berichtet wird. Die Entwicklung der neuen Hochdrucklampen mit Xenonfüllung, insbesondere der Xenonlampen mit Wasserkühlung<sup>3</sup> stellte die Forderung, die Möglichkeit einer sicheren Zündung ohne Zündelektrode mit Hilfe des Überlagerungsprinzips zu prüfen. Über eine Lösung dieser Aufgabe wird im zweiten Abschnitt berichtet.

**Hochdrucklampen mit Zündelektrode**

Die bisher bekannten Quecksilber-Hochdrucklampen besitzen zur Zündung der Bogenentladung zwischen den Hauptelektroden eine Hilfelektrode. Diese Zündelektrode ist so angeordnet, daß bei Anschluß eines Funkeninduktors die Funkenentladungen von der Zündelektrode auf beide Hauptelektroden übergehen und für die Zündung der Niederspannungsentladung die Gasstrecke vorionisieren.

Bild 1 zeigt die Schaltung für Höchstdrucklampen mit Zündelektrode. Die Lampe (1) ist über einen Vorwiderstand oder eine Drossel (2) an das Netz angeschlossen. Das RC-Glied (3) hat die Aufgabe, die Anschlußleitungen für die hochfrequenten Zündfunken kurzzuschließen. Die Hochspannungswicklung (5) des Induktorzündgerätes ist mit einer Sicherheitsfunkenstrecke überbrückt und liegt an der Zündelektrode und dem unteren Lampenanschluß. Die Hochspannungswicklung erzeugt eine Leerlaufspannung von mindestens 20 kV, ist allgemein mit einer Eigenfrequenz bis zu 200 kHz ausgeführt und hat einen ohmschen Widerstand von etwa 100 Ω.

Um den Niederspannungsbogen zwischen den Hauptelektroden der Lampe zu zünden, müssen die Funkenentladungen von der Zündelektrode nach den beiden Hauptelektroden gleichzeitig übergehen und so einen Hilfsbogen

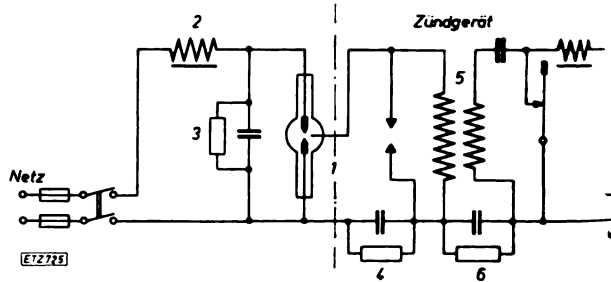


Bild 1. Schaltschema für eine Höchstdrucklampe mit Zündelektrode

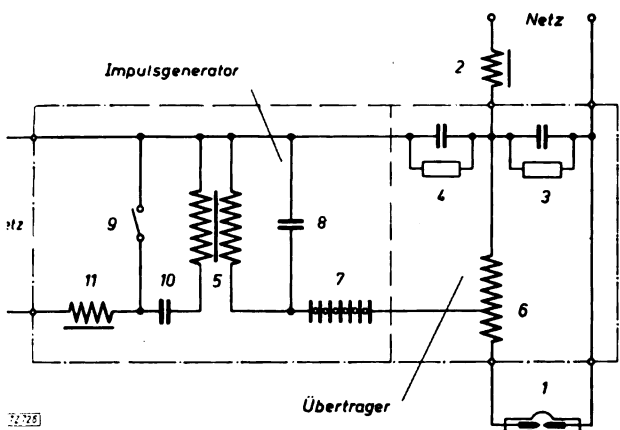
zwischen den Hauptelektroden bilden. Das gleiche Brennen der beiden parallel geschalteten hochfrequenten Bogenentladungen wird dadurch möglich, daß die beiden Hauptanschlußleitungen der Lampe bei der hohen Frequenz der Funkenentladung einen genügend hohen induktiven Widerstand besitzen, so daß beide Bögen stabilisiert werden.

Eine Quecksilber-Hochdrucklampe hat im kalten Zustand eine Durchschlagsspannung zwischen Zündelektrode und Hauptelektroden von nur wenigen 100 V, da der für die Durchschlagsspannung maßgebende Druck der Grundgasentladung höchstens etwa 100 Torr beträgt. Bei einer solchen Zündung zündet der Niederspannungsbogen stets sofort. Eine etwaige unsymmetrische Anordnung der Zündelektrode wirkt nicht aus. Auf Grund der Toleranzen bei der Lampenfertigung ist es nämlich möglich, daß die Durchschlagsspannungen von der Zündelektrode nach den beiden Hauptelektroden ungleich sind.

Im betriebswarmen Zustand erfordert eine Quecksilber-Hochdrucklampe zur Wiederezündung nach kurzem Abschalten infolge des hohen Quecksilberdampfdruckes eine Zündspannung bis zu 15 kV. In diesem Fall können bei nicht symmetrischem Einbau der Zündelektrode die Reaktionszeiten der Zuleitungen große Differenzen der Durchschlagsspannungen nicht ausgleichen, und die Zündfunken gehen nach einer Hauptelektrode über. Die Wirksamkeit der Zündelektrode kann man etwas erhöhen, indem man vor der Zündelektrode eine Hilfsfunkenstrecke mit etwa 10 kV Durchschlagsspannung schaltet und die Eigenkapazität der Zündspannungszuleitung durch eine kleine Zusatzkapazität vergrößert. Größere Differenzen der Durchschlagsspannungen

<sup>1</sup> Osram Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Liste HBO.  
<sup>2</sup> P. Schulz: Z. f. Naturforsch., 2a (1947), S. 583.  
<sup>3</sup> K. Larché: ETZ 72 (1951) H. 14, S. 427.





d 2. Prinzipschaltbild eines Zündgerätes für Hoch- und Höchstdrucklampen ohne Zündelektrode.

innen aber nicht ausgeglichen werden, und man muß die Lampe zum Wiederzünden etwas erkalten lassen.

Für den Fall, daß nach Bild 1 die Zündfunken nur nach der oberen Elektrode übergehen, verhindert das RC-Glied (4) das Zünden des Niederspannungsbogens nach der Zündelektrode. Durch das RC-Glied (6) wird aus Isolationsgründen dem Lampenanschluß der Hochspannungswicklung ein definiertes Potential gegeben, und gleichzeitig trennt dieses RC-Glied die Hochspannungswicklung vom Netz der Lampe. Die hochfrequenten Parallelwiderstände zu den Kondensatoren der RC-Glieder sind bei Gleichstrombetrieb des Zündgerätes nötig, die Hochspannungsimpulse dann gleiche Polarität haben, die durch die entstehende Gleichstromüber die Widerstände abgeleitet werden können muß.

**Hoch- und Höchstdrucklampen ohne Zündelektrode**

Obwohl der Aufwand für das Zündgerät für Lampen mit Zündelektrode gering ist, erschien es zweckmäßig, die Xenon-Hochdrucklampen allgemein ohne Zündelektrode auszuführen. Die Erstzündung einer Xenon-Hochdrucklampe entspricht der Wiederzündung einer Quecksilber-Hochdrucklampe, da in der Xenon-Hochdrucklampe im kalten Zustand ein Gasdruck von mehreren Atmosphären herrscht.

Die Zündung einer solchen Lampe ohne die Mithilfe der Zündelektrode bedingt ein etwas umfangreicheres Zündgerät. Doch ergab die Entwicklung dieser Zündgeräte, daß der notwendige Mehraufwand im Vergleich zu den für den Betrieb der Lampe erzielten Vorteilen ausreichend aufgewogen ist.

Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild eines Zündgerätes für Hoch- und Höchstdrucklampen ohne Zündelektrode.

Die Hochdrucklampe (1) ist mit den nach oben führenden Elektroden über einen Vorwiderstand oder eine Drossel (2) an das Betriebsnetz angeschlossen. In die linke Netzleitung ist ein Hochfrequenztransformator (6) eingeschaltet, welcher über die Löschfunkenstrecke (7) kommende Stoßentladung von der Seite des Lampenanschlusses auf die erforderliche Durchschlagspannung transformiert, dessen Widerstand für den Betriebsstrom der Lampe aber vernachlässigt werden kann. Dieser Transformator ist als Scheibenspule ausgeführt und für einen Lampenstrom bis zu 100 A ausgelegt. Das RC-Glied (3) zwischen den Anschlußleitungen liegende RC-Glied (3) löscht die hochfrequente Stoßentladung kurz. Ebenso bildet das zweite RC-Glied (4) einen Kurzschluß für die Stoßentladung und trennt das Netz der Lampe vom Netz des Impulsenergieerzeugers.

Der Verlauf einer Stoßentladung in der Lampe kann aus den Abmessungen des Entladekreises, des Hochfrequenztransformators (6) und des Hochspannungskondensators (8) näherungsweise berechnet werden. Die Entladung erfolgt oszillierend mit einer im Mittelwellengebiet liegenden Frequenz. Der maximal auftretende Scheitelwert des Entladestromes in der Lampe beträgt bis zu 60 A. Wird jedoch, wie später angegeben, statt des Transformators eine Hochfrequenzdrossel

verwendet, so liegt die Entladungsfrequenz im Kurzwellengebiet und der maximale Scheitelwert kann bis zu 350 A steigen.

Der Hochspannungskondensator (8) wird impulsartig über die Sekundärwicklung einer Autozündspule (5) mit einer solchen Energie aufgeladen, daß die Löschfunkenstrecke sicher arbeitet. Der zweite Stoßkreis, bestehend aus der Primärwicklung der Zündspule und dem Kondensator (10), ist auf die Frequenz des Sekundärkreises abgestimmt. Der dritte Kreis, Kondensator (10) und Drossel (11) besitzt eine Eigenfrequenz, die etwa der Hälfte der Schaltfrequenz des Zerschalters (9) entspricht. Während der Öffnungszeit des Zerschalters wird z. B. bei einer Speisegleichspannung für den Impulsenergieerzeuger von 110 V der Kondensator (10) in Verbindung mit der Drossel (11) auf 220 V aufgeladen. Hat der Kondensator den Scheitelwert von 220 V erreicht, schließt der Kontakt (9), und der Kondensator entlädt sich stoßartig über die Primärwicklung der Autozündspule.

Für die Zündung des Niederspannungsbogens erwies es sich als vorteilhaft, die Funkenfolge in der Lampe möglichst hoch zu wählen. Derzeit arbeiten die Zündgeräte mit Zerschaltern, die ungefähr 700 Funkenentladungen je Sekunde liefern. Der Impulsenergieerzeuger kann wahlweise mit Gleich- oder Wechselstrom betrieben werden. Nur bei Gleichstrombetrieb wird die Funkenzahl von 700 s<sup>-1</sup> erreicht. Bei Wechselstrombetrieb setzt die Funkenbildung während des Nulldurchgangs der Spannung aus, und es werden nur 300 ... 400 Funken je Sekunde erzielt.

Die gestrichelt abgegrenzten Teile mit der Bezeichnung „Impulsenergieerzeuger“ und „Übertrager“ werden allgemein, wie Bild 3 zeigt, in einem Zündgerät zusammengefaßt. Sie können aber auch nach Bild 4 getrennt ausgeführt sein.

Die Durchschlagspannungen der Xenon-Hochdrucklampen sind vom Elektrodenabstand und vom Füllgasdruck abhängig und liegen je nach Ausführung der Lampen zwischen 10 und 25 kV. Dementsprechend liefern die Zündgeräte eine Leerlaufspannung von 20 ... 35 kV.

Bild 3 zeigt die Schaltung eines selbsttätig arbeitenden Zündgerätes für Xenon-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte. Zur Steuerung wird die Differenz zwischen Betriebs- und Brennspannung der Lampe verwendet. Impulsenergieerzeuger und Übertrager sind in einem Gerät zusammengefaßt. Dieses Allstromgerät ist z. B. für 220 und 110 V verwendbar.

Bild 4 bringt die Schaltung eines Zündgerätes für Laboratoriumszwecke. Impulsenergieerzeuger und Übertrager sind getrennt ausgeführt, so daß mit einem Impulsgerät mehrere Lampen nacheinander gezündet werden können. Jeder Lampe muß hierbei ein für den Betriebsstrom bemessener Übertrager zugeordnet sein.

Die Übertragergeräte können nach den drei auf der rechten Bildseite angegebenen Schaltungen ausgeführt werden.

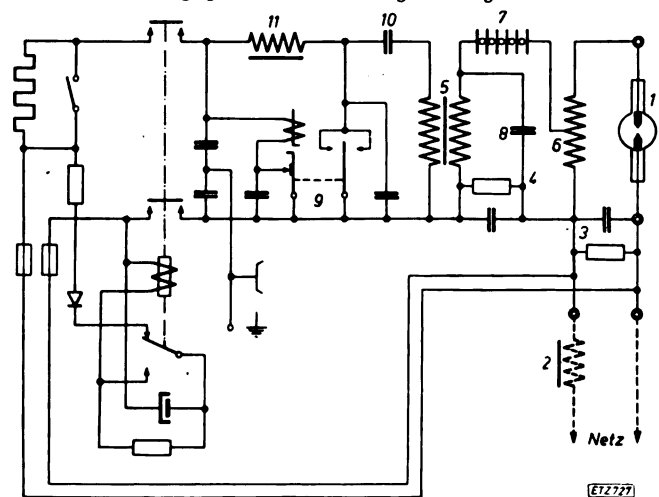


Bild 3. Automatisches Zündgerät für Xenon-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte.

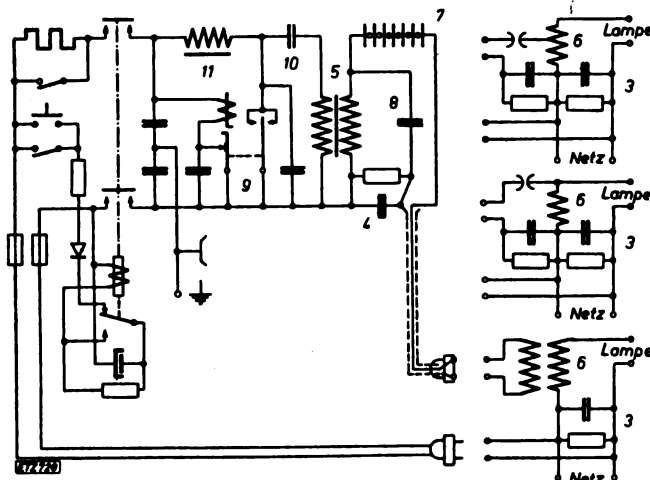


Bild 4. Laboratoriumszündgerät für Xenon-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte und für Xenon-Hochdrucklampen mit Wasserkühlung.

Für Xenon-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte wird die Schaltung mit einem Hochfrequenztransformator bevorzugt, da es bei diesen Lampen hauptsächlich darauf ankommt, die hohe Durchschlagspannung zu erreichen. Bei den kugelförmigen Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte gehen die Funkenentladungen von der Gefäßwand unbeeinflusst in einem konzentrierten Bogen zwischen den Elektroden über, so daß das zu ionisierende Gasvolumen klein ist. Dementsprechend reicht zur Zündung dieser Lampen bei einer Funkenfolge von  $700 \text{ s}^{-1}$  allgemein ein effektiver Strom der Funkenentladungen von etwa  $0,1 \text{ A}$  aus.

Für die wassergekühlten Xenon-Hochdrucklampen ist dagegen die Schaltung mit einer Hochfrequenzdrossel vorteilhafter, da diese Lampen nur eine Durchschlagspannung bis zu  $10 \text{ kV}$  aufweisen. Bei der langgestreckten Lampenform wird die Entladungsstrecke vom Quarzrohr beeinflusst, und das Kühlwasser hat die Wirkung eines Zündstreifens. Die

Funkenentladungen laufen als kapazitive Gleitfunken an der Innenwand des Quarzrohres entlang und verteilen sich auf dem ganzen Rohrumfang fast gleichmäßig. Deshalb ist das zu ionisierende Gasvolumen wesentlich größer, und zur Zündung ist bei der Funkenfolge von  $700 \text{ s}^{-1}$  ein Effektivwert des Stromes der Funkenentladungen bis zu  $1 \text{ A}$  erforderlich.

Von ausländischen Arbeiten auf diesem Gebiet berichtet eine Veröffentlichung von G. A. Freeman<sup>4</sup>. Nach dieser amerikanischen Arbeit wird grundsätzlich das gleiche Prinzip der Stoßentladung über eine Funkenstrecke zum Zünden von Quecksilber-Höchstdrucklampen ohne Zündelektrode verwendet. Im Gegensatz zu der von uns angestrebten hohen Funkenfolge werden nach der in der Veröffentlichung angegebenen Schaltung die Impulse direkt aus dem Wechselstromnetz der Lampe mit Hilfe eines Hochspannungstransformators für Netzfrequenz erzeugt. Abgesehen davon, daß das amerikanische Gerät nur für Wechselstrom verwendet werden kann, ist die aus dem  $60 \text{ Hz}$ -Netz nach dem Vorbild eines Löschfunken senders erzeugte Funkenzahl von  $120 \text{ s}^{-1}$  für schwer zündbare Lampen als zu niedrig anzusehen.

### Zusammenfassung

Die bekannten Quecksilber-Höchstdrucklampen besitzen zur Zündung der Bogenentladung zwischen den Hauptelektroden eine Hilfelektrode, der von einem Induktorkörbgerät Hochspannungsstöße zugeführt werden. Für den Aufbau eines solchen Zündgerätes sind die wesentlichen Gesichtspunkte für ein sicheres Arbeiten in Verbindung mit der Lampe angegeben. Die neuen Xenon-Hochdrucklampen mit hoher Leuchtdichte sowie die Xenon-Hochdrucklampen mit Wasserkühlung werden ohne Zündelektrode ausgeführt. Zur Zündung der Bogenentladung wird die erforderliche Hochspannung der an die Lampe angelegten Betriebsspannung überlagert. Für diese neuen Zündgeräte sind Schaltungsbeispiele angegeben und die Wirkungsweise und die Ausführung ist kurz beschrieben.

<sup>4</sup> G. A. Freeman: Illum. Engr., N. Y. 45 (1950) S. 218.

## Die Anwendung von Entladungslampen in Tages-Lichtsignalen

DK 621.327.4 : 629.12.00

Lichtsignale für die optische Telegraphie auf See am hellen Tage müssen naturgemäß mit sehr hohen Lichtstärken arbeiten, damit sie sich vom hellen Himmelshintergrund noch deutlich abheben. Bei klarer Sicht muß die Lichtstärke mindestens  $10000 \text{ cd}$  und bei diesigem Wetter das Vielfache betragen. — Für die Verständigung zwischen 2 festen Punkten genügen eng bündelnde Spiegel- oder Linsenscheinwerfer, bei denen es verhältnismäßig leicht ist, das Licht auf  $1 \dots 20 \text{ Mio. cd}$  zu konzentrieren. Beim „Rundum“-Signalgeber aber, der gleichzeitig in beliebige Richtungen sprechen will (z. B. das Flaggschiff zu seiner Flotte) können nur durch Lichtquellen höchster Leistung ausreichende Horizontallichtstärken im gesamten Ausstrahlungsbereich von  $360^\circ$  erzielt werden. Dabei ist allerdings, um die unvermeidlichen Schwankungen durch den Seegang auszugleichen, auch eine gewisse Vertikalstreuung (von etwa  $22^\circ$ ) unerlässlich. Man erreicht die geforderte Lichtverteilung durch das bekannte optische Hilfsmittel, der zylindrischen Fresnel-Stufenlinse, die die Lichtquelle umschließt.

Bisher hat man thermisch hochbelastete Glühlampen von  $3 \dots 5 \text{ kW}$  verwendet, die aber noch nicht für alle Fälle ausreichen; auch ist ihre Lebensdauer zu kurz und die Stoßfestigkeit zu gering. Die Kohlenbogenlampe läßt zwar höhere Leistungen erreichen, ist aber für Rundum-Geräte ungeeignet und überdies im praktischen Betrieb an Bord schwierig und umständlich. Sie wird aber für Festpunktstationen hoher Reichweite in einseitig gerichteten Scheinwerfern gebraucht. Für die Rundum-Signale geben die modernen Entladungslampen, insbesondere die Hg-Hochdrucklampen mit ihrer hohen Lichtausbeute, neue Möglichkeiten<sup>1</sup>. Die Morsezeichen können auch hier, wie bei der

Glüh- oder Bogenlampe, mittels mechanisch oder elektromagnetisch betätigter Blenden gegeben werden; jedoch ist auch die unmittelbare elektrische Steuerung der Lampe selbst möglich. So kann man z. B. die Lampe, um sie warm und betriebsbereit zu halten, mit stark gedrosseltem „Ruhestrom“, bei dem die Lichtaussendung auf etwa  $1/50$  zurückgeht und praktisch unbeachtet bleibt, in Gang halten und die Zeichengebung durch partiellen Kurzschluß in der Vorschaltung und dadurch bewirktes „Aufblitzen“ erreichen. Mit besonderem Vorteil kann man aber auch die „punktförmigen“ Hg-Höchstdrucklampen anwenden, bei denen die Entladung (zwischen zwei massiven Wolframelektroden) auf kürzeste Distanz ( $\leq 10 \text{ mm}$ ) zusammengedrängt wird und dabei größte Leuchtdichte ( $\sim 50000 \text{ sb}$ ) ergibt. Der Kohlen wird durch zusätzliche Beheizung dauernd warm gehalten, um die Sofort- oder Wiederzündung für rasche Zeichengebung zu ermöglichen. Gezündet wird mit einer neben der Kathode angeordneten Hilfelektrode, die durch Kondensator-Transformator-Entladung einen Hochspannungsstoß von etwa  $15 \text{ kV}$  (bei einer Betriebsspannung der Lampe von  $60 \dots 75 \text{ V}$ ) erhält. — Der Betrieb geschieht an der auf Schiffen üblichen Gleichstromanlage.

Man kann auf diese Weise eine Morsegeschwindigkeit von  $10 \dots 15$  Wörtern/min erreichen. Mit einer Lampe von  $5 \text{ kW}$  (z. Z. sind Lampen bis  $10 \text{ kW}$  in Anwendung) erhält man (mit Fresnel-Linse) eine Horizontallichtstärke von etwa  $80000 \text{ cd}$ , womit bei klarer Luft im hellen Sonnenschein noch eine Reichweite (bei Fernrohrbeobachtung) von  $10 \text{ Meilen}$ , in diesiger Luft von  $7,5 \text{ Meilen}$  erzielt wird. Und selbst wenn die Sonne dicht beim Signalgeber steht, sind seine Zeichen bei klarer Luft mit bloßem Auge noch in  $2,6 \text{ Meilen}$  mit Fernrohr in  $7 \text{ Meilen}$  wahrnehmbar. Der Lichtfarbkontrast des Quecksilberlichtes gegen das Tageslicht bestärkt die Wirkung.

RGW

<sup>1</sup> Nach H. K. Bourne u. E. J. G. Beeson: Proc. Instn. electr. Engrs. 97 (1950) S. 587; 10 S., 9 B., 1 Taf.

# Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräte)

(Einführung zu den Regeln VDE 0875/11.51)

Von Wilhelm Mennerich, Heidenheim

DK 621.396.028

## Allgemeines

In der Nachkriegszeit erwies es sich als notwendig, das Gebiet der Funk-Entstörung neu zu regeln. Es wurde eine VDE-Kommission „Funk-Entstörung“ aus Vertretern der Behörden, der Rundfunkgesellschaften, der Elektrizitätswerke, der Starkstromindustrie und der Fernmeldeindustrie gebildet und diese beauftragt, neue Bestimmungen so schnell wie möglich aufzustellen. Bei der Abgrenzung des Sachgebietes wurden die zu entstörenden Geräte, Maschinen und Anlagen in drei Gruppen eingeteilt:

1. Geräte, Maschinen und Anlagen, die mit Gleich- oder Niederfrequenzstrom betrieben werden und unbeabsichtigt Hochfrequenz erzeugen. — Bei ihnen entstehen bekanntlich Hochfrequenzschwingungen, wenn durch Schalter, Kommutatoren, elektronische Steuerungen usw. Betriebsströme und Spannungen schnell verändert werden. Die Hochfrequenzleistung ist dabei wesentlich kleiner als 1 W, vielfach nur 10<sup>-6</sup> W, und kann meist durch einfache zusätzliche Maßnahmen ausreichend an der Ausbreitung gehindert werden. Für diese Geräte, Maschinen und Anlagen wurden die neuen Regeln VDE 0875/11.51 aufgestellt.

2. Geräte, Maschinen und Anlagen, die für die Erzeugung und den Gebrauch von Hochfrequenz bestimmt sind (Hochfrequenzgeräte), und die nicht der Nachrichtenübertragung dienen. — Sie haben eine Leistung von etwa 10 W ... 200 kW. Die Maßnahmen für die Funk-Entstörung greifen stark in ihren Aufbau ein. Für sie wird als gesonderte Bestimmung VDE 0871 aufgestellt.

3. Empfangsanlagen. — Sie sollen so aufgebaut werden, daß sie keine Störungen aussenden und gegen Störbeeinflussung unempfindlich sind. Die Maßnahmen erstrecken sich teils auf die verwendeten Empfänger, teils auf die Antennenanlage, wobei sich durch die Anwendung von Antennen mit geschirmter Niederführung maßgebliche Verbesserungen erzielen lassen. Für Empfänger und Empfangsanlagen wird als dritte, gesonderte Bestimmung VDE 0872 vorbereitet.

Nach dieser Abgrenzung der Sachgebiete wurde untersucht, wie weit die vorhandenen VDE-Bestimmungen auf Geräte, Maschinen und Anlagen der Gruppe 1 angewendet werden können. Es ergab sich, daß VDE 0874/36<sup>2</sup> und VDE 0875/VI. 41<sup>3</sup> veraltet sind, während VDE 0878/VIII. 43<sup>4</sup> zwar technisch befriedigt, als Wehrmachtsvorschrift jedoch gegenstandslos geworden ist und zu ihrer Durchführung auf dem zivilen Gebiet einen so großen Aufwand erfordern würde, daß die allgemeine Anwendung nicht tragbar erscheint. Verpflichtet man die Bestimmungen VDE 0875/VI. 41 und VDE 0878/VIII. 43, so fällt als grundlegender Unterschied auf, daß erstere Beschaltungen von Maschinen und Geräten mit vorgeschriebenen Entstörbaulementen angibt, während bei letzteren die Entstörbaulemente und ihre Anwendung durch Versuche bei gleichzeitiger Messung der Funkstörspannung bestimmt werden. Das zweite Verfahren ist das bessere, weil bei der Beschaltung eines Störers neben der Auswahl und schaltungsmäßigen Anordnung der Bauelemente ihre räumliche Anbringung und die Länge ihrer Zuleitungen einen so großen Einfluß haben, daß sich die Entstörung an Hand des Schaltbildes allein nicht vorherbestimmen läßt.

<sup>1</sup> Wilhelm Mennerich: Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (Einführung zum Entwurf 1 von VDE 0875/11.51). ETZ 72 (1951) H. 1, S. 9.

<sup>2</sup> VDE 0874/36 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen“.

<sup>3</sup> VDE 0875/VI. 41 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W“.

<sup>4</sup> VDE 0878/VIII. 43 „Vorschriften für die Funk-Entstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht“. Siehe dazu auch die einführenden Aufsätze in ETZ 65 (1944) S. 4: E. Hennig, „Vorschriften für die Funk-Entstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht“; W. Mennerich: „Baulemente für die Funk-Entstörung“; K. Volk und R. Zechenal: „Die Funk-Entstörung von Geräten und Anlagen der Wehrmacht“; W. Patschke, „Hochfrequenzdrosseln für die Funk-Entstörung“.

Es sind z. B. Fälle vorgekommen, in denen eine Beschaltung mit Entstörkondensatoren durch Resonanzwirkung die Störspannung auf der Leitung größer werden ließ als vorher. Wenn dies auch nicht die Regel ist, so sind doch Hochfrequenzmessungen das einzige Mittel, um die Eigenschaften eines Funkstörers zu prüfen. Es ist verständlich, daß die Starkstromindustrie nur ungern Hochfrequenzmessungen in ihren Betrieben vornimmt, jedoch brachte eine ausführliche Diskussion mit den betroffenen Firmen und Stellen, insbesondere mit denen des Elektromaschinenbaues, den einstimmigen Beschluß, die Entstörung nach Höchstwerten der Funkstörspannung einzuführen. Wesentlich für diese Entscheidung war, daß das Ausland in den letzten 10 Jahren allgemein zu diesem Verfahren übergegangen ist, so daß allein die Rücksicht auf den Export heute viele Firmen zu gleichem Vorgehen zwingt. Um die bei der Durchführung von Messungen auftretenden Schwierigkeiten zu erleichtern, sind die Bundespost und die Rundfunkgesellschaften bereit, mit ihren Meßtrupps helfend einzugreifen. Sie werden hierfür im allgemeinen keine Gebühren erheben, können jedoch nicht die Verpflichtung übernehmen, solche Arbeiten stets kostenlos durchzuführen. Den neuen Bestimmungen wurde die Vorschrift VDE 0878/VIII. 43 zu Grunde gelegt. Sie wurde so umgearbeitet, daß in Fällen, bei denen sich ein untragbarer Aufwand ergeben würde, Ausweichlösungen erlaubt sind.

Im folgenden werden die nach obigen Gesichtspunkten neu aufgestellten Regeln und insbesondere die Unterschiede gegenüber VDE 0878/VIII. 43 behandelt.

## Geltungsbeginn

Um eine ausreichende Vorbereitungszeit für die Umstellung der Fertigung zu gewinnen, treten die Regeln für neue Geräte, Maschinen und Anlagen mit einer Frist von 5 Jahren in Kraft.

Sollten bei der Umstellung Schwierigkeiten vorkommen, ist während der Übergangszeit Gelegenheit gegeben, die Bestimmungen zu ändern und zu ergänzen. Für bereits in Betrieb befindliche Geräte, Maschinen und Anlagen treten die Regeln, jedoch nur im Störfalle, mit ihrer Veröffentlichung in Kraft.

## Geltungsbereich

**Frequenzbereich.** — Der Frequenzbereich wurde gegenüber VDE 0878/VIII. 43 von 0,1 bis 20 MHz auf 0,15 bis 10 MHz eingeschränkt. Dadurch kann man im Langwellengebiet in vielen Fällen, bei denen sonst außer Kondensatoren auch Drosseln für die Funk-Entstörung eingesetzt werden müßten, auf diese verzichten. Im Kurzwellengebiet kann man durch das Zurückgehen auf 10 MHz die Entstörung mit normalen Bauelementen vornehmen, d. h. die Anwendung von Durchführungskondensatoren vermeiden und die Ansprüche an Schirmung und Art der Leitungsführung klein halten.

Für das Frequenzgebiet über 10 MHz sollen Regeln erst dann festgelegt werden, wenn ausreichende Erfahrungen vorliegen. Die bisherigen Ergebnisse des Polizeifunks, des Ultrakurzwellen-Rundfunks und des Fernsehens lassen deutlich erkennen, daß auch für diese Gebiete eine Regelung wird getroffen werden müssen, jedoch ist es voraussichtlich möglich, sich auf wenige, besonders hervortretende Störer zu beschränken. Es wird z. Zt. bei den Herstellerfirmen für Kraftfahrzeugzubehör daran gearbeitet, die hauptsächlich störenden Teile — die Zündkerzen und den Zündverteiler — von vornherein beim Hersteller zu entstören, mit dem Ziel, durch Umstellung der Fertigung bei wenigen Lieferfirmen Störungen durch Kraftfahrzeuge zu vermeiden. Es wird darüber hinaus vielleicht notwendig sein, daß die Kraftfahrzeug-Industrie einige ergänzende Maßnahmen beim Karosseriebau und bei der Verkabelung der Fahrzeuge durchführt.

**Spannungsbereich.** — Die Regeln gelten für Niederspannung, d. h. für Spannungen unter 1 kV. Die weitestgehende Zahl der Störfälle tritt an Niederspannungsanlagen auf und wird somit erfaßt. Für die Entstörung von Hoch-

spannungsanlagen liegen bisher wenig Erfahrungen vor, außerdem erscheint es ratsam, dieses Gebiet der unmittelbaren Verhandlung zwischen den beteiligten Organisationen und Firmen zu überlassen, da dies bei der kleinen Zahl von Beteiligten der einfachere Weg ist.

**Leistungsreich.** — Die Regeln gelten für Leistungen bis 10 kW, wobei bis 2 kW höhere Anforderungen, über 2 bis 10 kW geringere Anforderungen gestellt sind; die Gründe dafür sind weiter unten angegeben. Im Bereich über 10 kW liegen teilweise Erfahrungen vor; es wird sich herausstellen, ob es zweckmäßiger ist, ihn durch VDE-Regeln zu erfassen oder Absprachen zwischen den Beteiligten zu treffen. Vielleicht genügt es, nur bestimmte Arten von Störern, die besonders stark in Erscheinung treten, wie z. B. Busse, zu entstören.

### Begriffe

In diesem Abschnitt werden die Begriffe „Funkstörer“, „Funkstörung“, „Funk-Entstörung“, „Funkstörspannung“, „Funkstörweite“, „Ausgangsstörspannung“, „Kopplungswiderstand“ und „Kernwiderstand“ sowie die Bezeichnung „Durchführungskondensator“ erläutert. Die Fassung konnte aus VDE 0878/VIII. 43 übernommen werden, die im Begriff „Funk-Entstörung“ verwendete Bezeichnung „Funk-Entstörgrad“ wurde durch den sinnfälligeren Ausdruck „Funkstörgrad“ ersetzt.

### Meßverfahren

Das Meßverfahren nach VDE 0878/11.51<sup>5</sup> mit einem Störspannungsmeßgerät nach VDE 0876/11.51<sup>6</sup> wurde beibehalten. Es wird dabei nur die Spannung zwischen den stromführenden Leitern und Erde, die sogen. „unsymmetrische Störspannung“, gemessen. Die Spannung zwischen den stromführenden Leitern, die sogen. „symmetrische Störspannung“, wird nicht berücksichtigt, was eine wesentliche Vereinfachung bringt<sup>7</sup>. Das Verfahren des VDE stützt sich auf die Internationalen Vorschriften der CISPR, in denen jedoch nur der Frequenzbereich 0,1 ... 1,5 MHz vorgesehen ist und die symmetrische sowie die unsymmetrische Spannung gemessen werden.

### Bestimmungen

Die Bestimmungen wurden zum großen Teil neu aufgestellt und so gestaltet, daß sie elastisch gehandhabt werden können. Insbesondere wurde vorgesehen, daß in begründeten Fällen die VDE-Kommission „Funk-Entstörung“ Abweichungen von den Regeln zulassen kann. Bevor die verschiedenen Arten der Funk-Entstörung erläutert werden, sei einiges über die technischen Bedingungen, nach denen sie aufgestellt wurden, gesagt.

Die Höhe der für Geräte und Anlagen zulässigen Störspannungswerte hängt von der Feldstärke der Sender, der Kopplung zwischen der störenden Anlage und der Empfangsantenne und dem als zulässig betrachteten Anteil an Störspannung bei der Empfangsspannung ab. Das Beeinflussungsproblem, das bei einer großen Anzahl außerordentlich verschieden aufgebauter Anlagen auftritt, hat bei uns und den anderen Ländern umfangreiche Messungen und deren statistische Auswertung ausgelöst<sup>8</sup>. Die sich daraus ergebenden breiten Streubereiche ließen Unterschiede in der Auslegung zu und führten zu weit auseinanderliegenden Forderungen der Fernmelde- und Starkstromtechnik. Die praktischen Erfahrungen der letzten 20 Jahre haben den Streubereich eingeeengt und gezeigt, daß sich im Mittelwellenbereich ein einwandfreier Empfang am wirtschaftlichsten erzielen läßt, wenn nachstehende Werte eingehalten werden:

1. eine Nutzfeldstärke von mindestens 1 mV/m,
2. eine Funkstörspannung von höchstens 1 mV auf Starkstrom- und sonstigen Leitungen.
3. eine Übertragungsdämpfung von mindestens 1:100 zwischen störender und gestörter Anlage.

Die angegebenen Werte ergeben sich erstens aus der Leistung der Rundfunksender, die mit etwa 100 kW ihre wirtschaftliche Grenze hat, zweitens daraus, daß bei einer Forderung von Störspannungen kleiner als 1 mV im Mittel- und Langwellenbereich der Aufwand für die Funk-Entstörung stark steigt, und drittens daraus, daß Antennen, die gegenüber störenden Leitungen eine höhere Übertragungsdämpfung als 1:100 haben, sich in vielen Fällen aus wirt-

schaftlichen, architektonischen und anderen Gründen nicht bauen lassen<sup>9</sup>. Bezeichnenderweise führte die Entwicklung in anderen Ländern unter dem Einfluß der überall ähnlichen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen zu Werten der zugelassenen Störspannung, die im Mittel bei 1 mV liegen (siehe Tafel 1).

Tafel 1. Störspannungsgrenzen des Auslandes.

Land	unsymmetrische Spannung [mV] für Bereich 0,15 ... 1,5 MHz
Belgien	1
England	z. Zt. 0,5 später 1,5
Kanada	0,5
Niederlande	1,5
Norwegen	1
Schweden	f. Langw. 1
Schweiz	f. Mittelw. 0,5
USA	1 5

Es sei darauf hingewiesen, daß bei der angegebenen Störspannung an Innenantennen ein ungestörter Empfang der Bezirks- und Fernsender nicht gesichert ist. Man kann jedoch nicht verlangen, daß auf der Starkstromseite große Aufwendungen gemacht werden, wenn auf der Fernmelde-seite durch den Bau einer Hochantenne, die gegebenenfalls als Gemeinschaftsantenne einen ganzen Wohnblock versorgt, Abhilfe geschaffen werden kann.

**Normalentstörung, Funkstörgrad N.** — Für Geräte, Maschinen und Anlagen bis 2 kW wurde im Mittelwellenbereich als höchste Störspannung 1 mV zugelassen, im Langwellenbereich steigt dieser Wert stetig bis auf 3 mV bis 150 kHz an. Im Bereich von 1,6 ... 10 MHz fällt die zulässige Störspannung mit Rücksicht auf die im Kurzwellenbereich einsetzende Strahlung auf 0,3 mV bei 10 MHz ab. Dies ist unbedenklich und erfordert keinen zusätzlichen Aufwand, da fast immer in diesem Frequenzbereich die Spannung der Störer kleiner wird und die Wirkung der Entstörmittel steigt. Der gestrichelte weitere Verlauf auf 0,2 mV bei 30 MHz gilt nur als Empfehlung. Er trägt der Umstände Rechnung, daß allgemein die Neigung besteht, Störspannungskurven für den gesamten Frequenzbereich des Weitverkehrs, d. h. bis zu 30 MHz, festzulegen.

Der beschriebene Verlauf der zugelassenen Störspannung wurde mit Rücksicht darauf festgesetzt, daß Störer bis 2 kW vorwiegend in der Nähe von Empfangsanlagen betrieben werden und man daher voraussetzen muß, daß die Störspannung ungeschwächt auf den Versorgungsleitungen der Anlage auftritt.

**Grobentstörung, Funkstörgrad G.** — Für Geräte, Maschinen und Anlagen über 2 bis 10 kW ist eine Störspannung von 5 mV im Langwellenbereich zugelassen. Im Mittel- und Kurzwellenbereich fallen die Werte ähnlich wie bei Funkstörgrad N auf 1,8 mV bei 10 MHz und 1 mV bei 30 MHz ab. Bei der Festsetzung dieses verhältnismäßig großen Störgrades ging man davon aus, daß Störer dieser Leistung vorwiegend in größerer Entfernung von Empfangsanlagen betrieben werden und man annehmen darf, daß sich die Störspannung auf dem Wege vom Störer bis zur Antenne um einen Faktor 5 vermindert. In manchen Fällen wird diese Vorbedingung nicht erfüllt sein; jedoch erscheint es wirtschaftlicher, Regeln zu geben, die für die Mehrzahl der Anwendungen passen und in Einzelfällen durch eine Nachentstörung Abhilfe zu schaffen, als von vornherein ungünstige Verhältnisse zu berücksichtigen.

**Feinentstörung, Funkstörgrad F.** — Die Feinentstörung stellt eine technische Empfehlung dar für den Fall, daß Störer und Empfangsantenne besonders eng nebeneinander liegen (z. B. Funk-Entstörung in Gebäuden mit hochempfindlichen kommerziellen Fernempfangsanlagen, Entstörung von Autos mit eingebauten empfindlichen Empfängern usw.). Die Werte der zugelassenen Störspannung verlaufen in doppelt logarithmischem Maßstab als Gerade zwischen den Punkten 300 µV bei 150 kHz, 100 µV bei 1 MHz und 10 µV bei 30 MHz.

### Maßnahmen zur Entstörung funktstörender Anlagen

Es wird in allgemeiner Form angegeben, was zur Beseitigung oder Schwächung der Störspannung von Funkstörern und zur Verminderung der Ausstrahlung von Funkstörungen und ihrer Ausbreitung auf Leitungen getan werden kann.

<sup>9</sup> A. Denhardt: Über die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen einer Regelung der Rundfunkentstörung. Mai 1939, Broschüre herausgegeben von d. Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung, Verlag Franz Weidner, Berlin.

<sup>5</sup> VDE 0877/11.51 „Leitsätze für die Messung von Funkstörspannungen“.

<sup>6</sup> VDE 0876/11.51 „Vorschriften für Störspannungsmeßgeräte“.

<sup>7</sup> K. Hagenhaus: Die Messung von Funkstörungen. ETZ 63 (1942) S. 192.

<sup>8</sup> Eppen und K. Müller: Über Messungen der Übertragung von Störungen aus dem Stromnetz auf Rundfunkantennen. Veröff. Nachrichtentechn. S & H (1934) S. 101.

**Bestimmungen für Herstellung und Anwendung von Funk-Entstörmitteln**

Dieser Abschnitt bringt neben Sicherheitsbestimmungen eingehende Hinweise auf die Eigenschaften von Entstör-Bauelementen. Die Ausführung von Schirmungen wird behandelt. In vielen Beispielen werden Entstörschaltungen und ihre Anwendungen aufgeführt.

**Zusammenfassung**

Die Ausführungen haben gezeigt, daß die Funk-Entstörung eine Aufgabe ist, die allen Beteiligten auflagen macht. Sie kann nur dann wirtschaftlich gelöst werden, wenn sowohl für den Störpegel auf Versorgungsleitungen als auch für die Störempfindlichkeit von Empfangsanlagen bestimmte Werte eingehalten werden. Es ist zu hoffen, daß die neu aufgestellten Regeln auf dem Gebiet der Funk-Entstörung eine Ordnung bringen, die alle Beteiligten befriedigt und auch dazu beiträgt, dem deutschen Erzeugnis auf dem Weltmarkt den Absatz zu erleichtern.

Nachdem die technischen Maßnahmen, die zu einer ausreichenden Funk-Entstörung führen, behandelt worden sind, sei noch ein Hinweis für das praktische Vorgehen gegeben. Bei der Durchführung der Funk-Entstörung müssen sowohl die vorhandenen Störer durch nachträgliche Entstörung un-

wirksam gemacht, als auch der Zufluß neuer Störer durch Beschaltung der Geräte und Maschinen beim Hersteller verhindert werden. Zu diesem Zweck ist in der Schweiz eine Vereinigung „Pro-Radio“ gegründet worden, in der die Post, die Rundfunkgesellschaften, die Rundfunkhersteller und -händler, die Installationsfirmen, die E-Werke und der Elektrotechnische Verein zusammengeschlossen sind. Die Vereinigung wirbt dafür, daß nur noch entstörte Geräte verkauft und zugelassen werden und führt Entstöraktionen durch; bei diesen Aktionen besuchen Entstörtrupps aus Angehörigen der E-Werke und der Pro-Radio-Vereinigung sämtliche Haushalte eines Bezirks und prüfen und entstören die Installation und die Hausgeräte. Bei dieser Art des Vorgehens werden nicht nur die Funkstörungen erfaßt, die durch Maschinen und Geräte hervorgerufen werden, sondern auch solche, die durch defekte Stellen im Starkstromnetz innerhalb und außerhalb der Häuser entstehen. In den Berichten über die Entstörtätigkeit, die jährlich herausgehen, fällt die große Zahl von Störern dieser Art auf. Das Vorgehen der Vereinigung hat in anderen Ländern, z. B. in Österreich, Anklang gefunden, wo z. Zt. in der Stadt Krems eine Entstöraktion durchgeführt wird. Man darf annehmen, daß ein solches Vorgehen auch in Deutschland Erfolge bringen würde.

**Größen- und Zahlenwertgleichungen in der Praxis**

Von K. v. Sanden, Erlangen

DK 621.3 (083.3) : 51

**Übersicht.** In der Praxis treten häufig Schwierigkeiten auf, wenn man aus der Literatur entnommene Gleichung auf andere Einheiten umrechnet werden muß. Sie kommen in der Regel dadurch zustande, daß die Unterschiede zwischen Größen- und Zahlenwertgleichungen vernachlässigt und die Einheiten mathematisch undurchsichtig gehandhabt werden. Zwar hat J. Wallot<sup>1</sup> schon 1943 an dieser Stelle das Wesentliche ausführlich dargestellt und durch Beispiele erläutert; aber seine damals getroffene Feststellung, daß die Zusammenhänge trotz ihrer Wichtigkeit weitgehend unbekannt seien, gilt noch heute fast unverändert. So mag es nützlich sein, erneut auf diese Fragen einzugehen und ein mathematisch wandresicheres und deshalb sicheres „Rezept“ für derartige Rechnungen zugeben.

Zunächst sei daran erinnert, daß jede physikalische Größe quantitativ durch einen Zahlenwert und eine Einheit beschrieben wird. Mathematisch ist der Zusammenhang in Produkt:

$$\text{Größe} = \text{Zahlenwert} \cdot \text{Einheit} \quad (1)$$

beispielsweise ist die Leistung

$$P = 6,30 \text{ kW} = 6,43 \cdot 10^2 \text{ kp m/s}^2 = 1,51 \text{ kcal/s} = 8,57 \text{ PS} = 8,45 \text{ HP}$$

in den gleichen, in welchen Einheiten sie auch gemessen und angegeben werden möge. Die Einheiten hängen über die Gleichung

$$\begin{aligned} 1,00 \text{ kW} &= 1,02 \cdot 10^2 \cdot \text{kp m/s} = 0,239 \text{ kcal/s} \\ &= 1,36 \text{ PS} = 1,34 \text{ HP} \end{aligned} \quad (2)$$

Zusammen, und damit sind auch die Zahlenwerte verschieden.

Die Auffassung der Größe als Produkt aus Zahlenwert und Einheit ist wesentlich. Sie mag begrifflich nicht immer ohne Weiteres einleuchten, ist aber mathematisch einwandfrei und führt — wie sich zeigen wird — bei konsequenter Anwendung zu einem durchsichtigen und deshalb verlässlichen Rechenverfahren.

Werden nun in allgemein formulierten Gleichungen Buchstaben als Symbole für die in der Gleichung miteinander in Beziehung gesetzten Gegebenheiten verwendet, so können sie entweder

- a) eine (physikalische) Größe, z. B. eine Leistung  $A = 6,30 \text{ kW}$  oder
- b) eine reine Zahl, z. B.  $b = 17,4$

bedeuten<sup>2</sup>. Welche der beiden Definitionen bei einer gegebenen Gleichung gemeint ist, muß vor ihrer Anwendung geklärt sein. Denn hinsichtlich der Zuordnung der Symbole zu einer physikalischen Größe besteht zwischen den Bedeutungen (a) und (b) ein wesentlicher Unterschied:

a) Sind die Buchstaben als „Größen“ definiert, etwa durch die Vorschrift „es bedeute A die Leistung“, so vertreten sie jeweils ein Produkt aus einem Zahlenwert und einer Einheit. Welche Einheit gewählt werden soll, bleibt grundsätzlich offen. Bei der numerischen Auswertung werden dementsprechend an der Stelle des Buchstabens sowohl der Zahlenwert als auch die Einheit der Größe eingesetzt und wie die Faktoren eines Produktes behandelt.

Gleichungen, in denen alle (!) Buchstaben in dieser Weise als Größen definiert sind, heißen „Größengleichungen“. Sie liefern bei numerischer Auswertung als Resultat wiederum eine Größe, zunächst bestehend aus einem Zahlenwert, der aus den Zahlenwerten, und einer Einheit, die aus den Einheiten der eingesetzten Größen errechnet wird. Die Einheit des Ergebnisses kann also — im Gegensatz zu denen der Bestimmungsgrößen — nicht etwa von vornherein willkürlich gewählt, wohl aber unter Benutzung von Beziehungen von der Art der Gl. (2) im Laufe oder am Schluß der Rechnung unter entsprechender Änderung des Zahlenwertes in eine gewünschte umgeformt werden.

b) Sind die Buchstaben dagegen als „Zahlen“ definiert und jeweils einer Größe zugeordnet, so können sie nur die „Zahlenwerte“ der Größen vertreten. Über die zu wählenden Einheiten muß eine zusätzliche Vereinbarung getroffen werden, da ja ein Zahlenwert nur für eine bestimmte Einheit eine Größe eindeutig repräsentiert. Die Definition muß also etwa lauten: „Es bedeute b den Zahlenwert der Spannung für die Einheit Volt“.

<sup>1</sup> oder aber eine Funktion: Wird z. B.  $U(x) = x^2$  definiert, so ist auch  $U(t) = t^2$ . Dabei ist es gleichgültig, ob U oder x, t irgendwelche physikalische Bedeutung haben. Die Verwendung des gleichen Buchstabens U für zwei verschiedene Funktionen, mit denen eine physikalische Größe von zwei Variablen abhängt, z. B.  $U_1(x) = ax$ ,  $U_2(t) = \exp(bt)$ , führt oft zu Unklarheiten wenn einfach  $U(x)$  und  $U(t)$  geschrieben wird — die Indizes also fortgelassen werden —, weil dann zwar die beiden U als physikalische Größen die gleiche, als mathematische Funktionen aber verschiedene Bedeutung haben. — Diese Definition eines Buchstabens bleibt hier im übrigen außer Betracht.

<sup>2</sup> J. Wallot: ETZ 64 (1943) S. 13.  
<sup>3</sup> kp = Kilopond = Kilogramm-Kraft, entspr. p = pond  
 kg = Kilogramm-Masse, entspr. g = Gramm



Derartige Gleichungen, in denen alle Buchstaben als reine Zahlen definiert sind und statt der Größen deren Zahlenwerte enthalten, heißen „Zahlenwertgleichungen“. Sie liefern bei der numerischen Auswertung als Resultat eine Zahl. Damit diese eine Größe repräsentiere, muß auch für das Resultat eine Vereinbarung über die Einheit getroffen werden; hierzu werden in der Regel zusätzliche Zahlenfaktoren in die Gleichungen aufgenommen, die auf Grund von Beziehungen von der Art der Gl. (2) die Einheiten der einzusetzenden Größen der des Resultats anpassen.

Derartige Zahlenfaktoren sind zwar für Zahlenwertgleichungen charakteristisch, jedoch vielfach unerwünscht, weil sie für die Beziehung zwischen Größen, die in der Gleichung ausgedrückt werden soll, eigentlich unwesentlich und nur durch die Wahl der Einheiten bedingt sind.

Die Forderung, unmißverständlich anzugeben, welche der beiden — einander ausschließenden — Definitionen den Buchstaben einer Gleichung zugrunde liegt, ist in der Literatur nicht immer erfüllt. Gelegentlich wird klar angegeben, daß die verwandten Gleichungen Größengleichungen seien, nur selten aber findet sich eine Angabe, daß die aufgeführten Gleichungen Zahlenwertgleichungen darstellten. Die sehr häufig anzutreffende Formulierung der Definition „Es bezeichne  $b$  die Spannung, gemessen in Volt“ oder auch „... die Spannung (Volt)“ läßt die entscheidende Frage ganz offen. Sie erweckt leicht den Eindruck, als sei hier die Spannung als Größe gemeint, während es sich tatsächlich meist um den Zahlenwert handelt, — oft aber auch um undurchsichtige Mischformen. Gerade diese Formulierung ist angesichts ihres Mangels an begrifflicher Eindeutigkeit die Quelle vieler Mißverständnisse und Schwierigkeiten, die insbesondere dann auftreten, wenn die fragliche Größe nicht in der genannten, sondern einer anderen Einheit gemessen oder angegeben werden muß. Auch die allgemeine Angabe „alle Gleichungen sind in dem und dem Maßsystem angegeben“ läßt die grundsätzliche Frage offen; sie wird daher zweckmäßig durch die explizite getroffene Feststellung ergänzt, daß es sich um Zahlenwertgleichungen handelt.

Der Unterschied zwischen Zahlenwert- und Größengleichungen würde zwar nicht grundsätzlich, wohl aber praktisch bedeutungslos sein, wenn es ein allgemein verbindliches Maßsystem gäbe. Das ist in gewissem Umfange innerhalb der physikalischen Mechanik und innerhalb der technischen Elektrizität der Fall. In der praktischen Anwendung, insbesondere der Elektrotechnik, aber werden überwiegend sowohl mechanische, als auch elektrische Größen gemeinsam betrachtet. Hierfür liegt bisher kein einheitliches (kohärentes, d. h. von an sich entbehrlichen Zahlenfaktoren freies) Maßsystem vor, und auch die Einführung eines solchen würde die Praxis nicht der Notwendigkeit entheben, mit den Einheiten zu rechnen, in denen die üblichen Meßgeräte geeicht oder die in der bisherigen Literatur verwendet worden sind.

In theoretischen Arbeiten der neueren Literatur werden zwar schon häufiger Größengleichungen verwandt, weil sie von Maßsystemen unabhängig und deshalb übersichtlicher sind; Experimentalphysik und Technik machen von ihnen jedoch noch wenig Gebrauch. Das hat offenbar z. T. seine Ursache darin, daß in Größengleichungen das Resultat häufig mit einer unerwünschten Einheit behaftet erscheint und das Umrechnen gefürchtet wird.

Die Praxis verwendet deshalb vorzugsweise solche Zahlenwertgleichungen, die auf die üblichen Einheiten zugeschnitten sind; die damit notwendigen Zahlenfaktoren sind — wie empirische Faktoren — ein der Praxis geläufiges und deshalb nicht weiter störendes Zubehör. Tritt aber die Notwendigkeit ein, die Gleichung auf andere Einheiten umzurechnen, so ist die Unsicherheit des Vorgehens in der Regel umso größer.

Die Schwierigkeiten des Umrechnens von Einheiten lassen sich indessen vermeiden, wenn ausschließlich die

übersichtlicheren Größengleichungen verwandt und die Größen konsequent als Produkt von zwei völlig gleichberechtigten Faktoren, nämlich Zahlenwert und Einheit (und dementsprechend auch die Zahlenwerte als Quotienten aus Größe und Einheit) angesehen werden. Das Wesentliche möge ein Beispiel zeigen:

Die Leistung eines Motors sei mittels Prony-Zaumes zu bestimmen und in Watt anzugeben. Es werde die Drehzahl  $N$  mit einem handelsüblichen Tachometer in U/min, das Drehmoment an einem waagerechten Arm der Länge  $L$  mit einem angehängten Gewicht gemessen. Als Meßwerte seien z. B. gefunden worden

$$N = 1,42 \cdot 10^3 \text{ U/min,} \\ L = 0,643 \text{ m; } G = 0,762 \text{ kp.}$$

Der Zusammenhang von Leistung  $A$ , Drehzahl  $N$ , Hebelarm  $L$  und Kraft (Gewicht)  $G$  ist durch die Größengleichung

$$A = 2 \pi N L G$$

gegeben. Einsetzen der Meßwerte liefert

$$A = 2 \pi \cdot 1,42 \cdot 10^3 \cdot \text{U/min} \cdot 0,643 \cdot \text{m} \cdot 0,762 \cdot \text{kp} \\ = 3,14 \cdot 10^3 \cdot \text{kp} \cdot \text{m/min,}$$

also die Leistung in einer unerwünschten Einheit. Aus der Beziehung (2)

$$0,102 \text{ kp} \cdot \text{m} = 1,00 \text{ Ws}$$

folgt

$$1,00 \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{min}} = \frac{9,81}{60} \text{ W}$$

und damit

$$A = 3,14 \cdot 10^3 \cdot \frac{9,81}{60} \text{ W} = 0,515 \text{ kW}$$

Der Weg der nachträglichen Umformung von (5) mittels (6) und (7) in (8) ist oft unbequem; vielfach ist es erwünscht, insbesondere wenn die Messung und Auswertung Hilfskräften übertragen werden soll, eine Formel zur Hand zu haben, die bei Einsetzen der Meßwerte sogleich das Ergebnis in den gewünschten Einheiten liefert, also die Beziehung (7) bereits implizite enthält.

Dazu wird die Größengleichung (4) entsprechend „Zugeschnitten“, ohne dadurch etwa ihren Charakter als Größengleichung zu verlieren; nach wie vor sollen also Drehzahl, Hebelarm und Kraft mit ihren Einheiten als Größen eingesetzt werden. Jedoch soll die Leistung in W erscheinen, wenn die Drehzahl in U/min, der Hebelarm in m und die Kraft in kp eingesetzt werden.

Dazu muß ein mit einer Einheit behafteter Zahlenfaktor (also wieder eine Größe) eingeführt werden. Seine Einheit muß so beschaffen sein, daß sie die Reziprokwerte der Einheiten aller Bestimmungsgrößen und außerdem die gewünschte Ergebniseinheit enthält; dann heben sich nämlich beim Einsetzen der Bestimmungsgrößen deren Einheiten fort und es bleibt nur die gewünschte Ergebniseinheit übrig. Dieser Faktor wird zweckmäßig schrittweise nach „Rezept“ ermittelt:

I. Die Gleichung wird so geschrieben, daß links nur die gesuchte Ergebnisgröße, rechts zunächst die Zahlenfaktoren, dann die bestimmenden Größen stehen:

$$A = 2 \pi N L G$$

II. Auf der rechten Seite der Gleichung werden zwei Einheitenfaktoren eingefügt: Der erste enthält sämtliche Einheiten der Bestimmungsgrößen, wie sie später eingesetzt werden sollen, und den Reziprokwert der gewünschten Resultat-Einheit. Der zweite Faktor stellt den Kehrwert des ersten dar. Da das Produkt aus beiden Faktoren Eins ist, ändert sich damit an der Gleichung nichts:

$$A = \frac{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}}{\text{min} \cdot \text{W}} 2 \pi \frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}} N L G$$

III. Der erste Faktor wird mit den Beziehungsgleichungen zwischen den Einheiten in eine reine Zahl (oder in die

Produkt einer Zahl mit Naturkonstanten) umgeformt:

$$1 \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{min}} = \frac{1}{60} \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{s}}; \quad 1,00 \text{ kp} \cdot \text{m} = 9,81 \text{ W s}, \quad (11)$$

also

$$1,00 \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{min}} = \frac{9,81}{60} \text{ W}; \quad 1,00 \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{min} \cdot \text{W}} = \frac{9,81}{60}. \quad (12)$$

Zweckmäßig werden vorhandene Zahlenfaktoren in den ersten Faktor einbezogen:

$$2 \pi \frac{\text{kp} \cdot \text{m}}{\text{min} \cdot \text{W}} = 2 \pi \frac{9,81}{60} = 1,03 \quad (13)$$

IV. Die aus dem ersten Faktor — ggf. unter Einbeziehung von Zahlenfaktoren der ursprünglichen Gleichung — gebildete Zahl (bzw. Zahl mit einer Naturkonstanten) wird in die Gleichung eingesetzt:

$$A = 1,03 \cdot \frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}} N L G \quad (14)$$

Hierbei sind die Umdrehungen (Einheit = 1) der Vollständigkeit halber mit aufgenommen worden.

Damit ist die „zugeschnittene“ Größengleichung fertig. Sie liefert das Ergebnis in der gewünschten Einheit, wenn die Bestimmungsgrößen in den gemessenen eingesetzt werden. Soll auch der Hebelarm  $L$  — etwa weil unveränderlich — in die Gleichung einbezogen werden, so wird für  $L = 0,463 \text{ m}$

$$A = 1,03 \frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}} N \cdot 0,463 \text{ m} G = 0,477 \frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{kp}} N G \quad (15)$$

Die Umformung solcher zugeschnittenen Größengleichungen auf andere Einheiten gestaltet sich besonders einfach: Wird z. B. die Drehzahl — etwa mittels Zungenfrequenzmessers — in U/s gemessen, so gilt

$$1 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 1 \frac{\text{U}}{60 \text{ s}}$$

und damit

$$A = 0,477 \cdot 60 \frac{\text{s} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{kp}} N G = 28,6 \frac{\text{s} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{kp}} N G \quad (16)$$

Wird die Leistung statt in W in PS gewünscht, so liefert  $1,00 \text{ W} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ PS}$

die Form

$$A = 3,89 \cdot 10^{-2} \frac{\text{s} \cdot \text{PS}}{\text{U} \cdot \text{kp}} N G \quad (17)$$

Diese Umrechnungen sind einfacher, als bei Zahlenwertgleichungen, weil die mathematische Einordnung der Einheiten hier klar ist und damit die häufigen Diskussionen, was in den Zähler und was in den Nenner gehöre, fortfallen.

Angesichts der größeren Übersichtlichkeit der Größengleichungen kann die Forderung auftreten, eine gegebene Zahlenwertgleichung in eine Größengleichung umzuformen. Als Beispiel diene die Gl. (14), die als Zahlenwertgleichung lautet:

$$\left. \begin{aligned} a &= 1,03 n l g \\ a &= \text{Zahlenwert der Leistung für die Einheit W} \\ n &= \text{Zahlenwert der Drehzahl für die Einheit U/min} \\ l &= \text{Zahlenwert des Hebelarms für die Einheit m} \\ g &= \text{Zahlenwert der Kraft für die Einheit kp.} \end{aligned} \right\} (18)$$

Zur Umformung wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß die Zahlenwerte Quotienten aus Größe und Einheit sind. Sie erfolgt wiederum schrittweise nach „Rezept“:

A. Es werden neue Buchstaben für die zu den Zahlenwerten gehörigen Größen eingeführt: Es bedeute

- A die Leistung
- N die Drehzahl
- L die Länge des Hebelarms
- G die Kraft am Hebelarm.

B Die Gleichung wird so geschrieben, daß links nur das Ergebnis, rechts zunächst feste Zahlenfaktoren, dann die Bestimmungszahlenwerte folgen:

$$a = 1,03 \cdot n \cdot l \cdot g \quad (19)$$

C. An die Stelle jedes Zahlenwertes wird die zugehörige Größe, dividiert durch die für die Zahlenwertgleichung vereinbarte Einheit, gesetzt; da dieser Ersatz gleichwertig ist, ändert sich damit an der Gleichung nichts:

$$a = \frac{A}{\text{W}} = 1,03 N \frac{\text{min}}{\text{U}} \cdot \frac{L}{\text{m}} \cdot \frac{G}{\text{kp}} \quad (20)$$

D. Die links im Reziprokwert stehende Einheit wird durch Multiplikation auf beiden Seiten nach rechts gebracht:

$$A = 1,03 \cdot \frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}} N L G \quad (21)$$

Damit entsteht die zugehörige „zugeschnittene“ Größengleichung (13). Die „reine“ Größengleichung ergibt sich unter Berücksichtigung von (12):

E. Der erste, reine Zahlenfaktor und der zweite Einheitenfaktor ergeben zusammengefaßt einen reinen Zahlenfaktor, der einen wesentlichen Bestandteil der reinen Größengleichung darstellt:

$$\frac{\text{min} \cdot \text{W}}{\text{U} \cdot \text{m} \cdot \text{kp}} = \frac{2 \pi}{1,03} \quad (22)$$

(Umdrehungszahlen haben die Einheit 1)

F. Einführen dieses Zahlenfaktors an Stelle der Einheiten liefert die reine Größengleichung:

$$A = 2 \pi \cdot N L G \quad (23)$$

entsprechend (9).

Drei Beispiele mögen zur weiteren Erläuterung der hier gegebenen „Rechenrezepte“ dienen:

1. Nach dem Biot-Savartschen Gesetz ist die Kraft  $K$  auf einen Leiter der Länge  $L$ , der sich in einem Magnetfeld der Kraftflußdichte (Induktion)  $B$  befindet und von einem Strom  $I$  durchflossen wird.

$$K = B \cdot I \cdot l \quad (24)$$

$K$  soll in kp erscheinen, wenn  $B$  in Vs/cm<sup>2</sup>,  $I$  in A,  $l$  in cm angegeben wird.

Schritt I:  $K = B \cdot I \cdot l \quad (25)$

Schritt II:

$$K = \frac{\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{A} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{kp}} \frac{\text{cm}^2 \cdot \text{kp}}{\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{A} \cdot \text{cm}} B I l \quad (26)$$

Schritt III:  $1,00 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s} = 0,102 \cdot \text{kp} \cdot \text{m} = 10,2 \cdot \text{kp} \cdot \text{cm}$

$$1,00 \frac{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}}{\text{kp} \cdot \text{cm}} = 10,2 \quad (27)$$

Schritt IV:

$$K = 10,2 \cdot \frac{\text{kp} \cdot \text{cm}}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} B I l \quad (28)$$

Soll  $B$  in Gauß angegeben werden, so folgt aus

$$1 \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2} = 10^8 \text{ Gauß} \quad (29)$$

sogleich

$$K = 1,02 \cdot 10^{-7} \frac{\text{kp}}{\text{Gauß} \cdot \text{A} \cdot \text{cm}} B I l \quad (30)$$

2. Zwischen dem Schalldruck  $P$  einer ebenen fortschreitenden Schallwelle in einem homogenen absorptionsfreien Kontinuum des Schallwellenwiderstandes  $Z$  (Produkt aus Dichte und Schallgeschwindigkeit) und der Schallstärke  $J$  besteht die Beziehung

$$P = \sqrt{2 J Z}$$

J werde in W/cm<sup>2</sup> und Z in g · cm<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> angegeben und der zugehörige Wert von P in der Einheit kp/cm<sup>2</sup> verlangt:

Schritt I:

$$P = \sqrt{2 J Z} \tag{32}$$

Schritt II:

$$P = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{W \cdot g}{\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}}} \cdot \sqrt{\frac{\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}}{W \cdot g}} \cdot \sqrt{J Z} \tag{33}$$

Schritt III:

$$\begin{aligned} 1,00 \text{ W} &= 1,02 \cdot 10 \cdot \frac{\text{kp} \cdot \text{cm}}{\text{s}} \\ 1,00 \text{ g} &= 1,02 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{s}^2 \cdot \text{kp}}{\text{cm}} \\ 1,00 \sqrt{\frac{W \cdot g}{\text{cm}^4 \cdot \text{s}}} &= 3,22 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \end{aligned} \tag{34}$$

Schritt IV:

$$P = 4,56 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \cdot \sqrt{J Z \frac{\text{cm}^4 \cdot \text{s}}{W \cdot g}} \tag{35}$$

3. Umgekehrt läßt sich z. B. die bekannte Zahlenwertgleichung für die Tragkraft eines Magneten

$$P = 0,0406 \cdot \left( \frac{B}{1000} \right)^2 \cdot q, \tag{36}$$

worin

- P der Zahlenwert der Tragkraft für die Einheit kp
- B der Zahlenwert der Kraftflußdichte für die Einheit Gauß
- q der Zahlenwert des Übergangsquerschnittes für die Einheit cm<sup>2</sup>

ist, in eine Größengleichung umformen, die unabhängig davon ist, ob als Einheit für B Gauß oder Vs/cm<sup>2</sup> gewählt werden:

Schritt A:

$$P = 0,0406 \cdot \left( \frac{B}{1000} \right)^2 \cdot q \tag{37}$$

Schritt B: Es bedeute

- P' die Tragkraft
- B' die Kraftflußdichte
- q' den Übergangsquerschnitt

Schritt C:

$$P = \frac{P'}{\text{kp}} = 0,0406 \cdot \left( \frac{B'}{\text{Gauß} \cdot 1000} \right)^2 \cdot \frac{q'}{\text{cm}^2} \tag{38}$$

Schritt D:

$$P' = 0,0406 \cdot 10^{-6} \cdot B'^2 \cdot q' \cdot \frac{\text{kp}}{\text{Gauß}^2 \cdot \text{cm}^2} \tag{39}$$

(zugehörige zugeschnittene Größengleichung)

Schritt E: 1 Gauß = 10<sup>-8</sup> · V · s

$$1,00 \text{ kp} = 1 \frac{W \cdot s}{10,2 \text{ cm}} \tag{39}$$

$$0,0406 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{kp}}{\text{Gauß}^2 \cdot \text{cm}^2} = 3,98 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{V \cdot s}{A \cdot \text{cm}}$$

Mit der Induktionskonstanten

$$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{A \cdot \text{cm}}{V \cdot s}$$

· wird

$$3,98 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{A \cdot \text{cm}}{V \cdot s} = \frac{1}{2 \mu_0} \tag{40}$$

Schritt F:

$$P' = \frac{1}{2 \mu_0} \cdot B'^2 \cdot q' \tag{41}$$

Das Wesentliche an den hier angegebenen „Rechenrezepten“ ist, daß in einer Größe die Bestandteile Zahlenwert und Einheit konsequent als selbständige Faktoren eines Produktes aufgefaßt werden. Dies Vorgehen ist durchsichtiger als die oft anzutreffende Verwendung von (eckigen) Klammern, deren mathematische Bedeutung unklar und deshalb häufig der Anlaß zur Unsicherheit ist.

Für die praktische Anwendung ist es nützlich, eine Reihe numerischer Beziehungen zwischen verschiedenen Einheiten zur Hand zu haben. Sie ist im Folgenden angegeben:

1 p	= 1 pond = 1 Gramm Kraft
1,00 kp	= 9,81 · 10 <sup>2</sup> · kg · cm/s <sup>2</sup> = 9,81 · 10 <sup>5</sup> dyn
1,00 W s	= 0,102 · kp · m = 10 <sup>5</sup> · dyn · m = 10 <sup>7</sup> · erg
	= 2,39 · 10 <sup>-4</sup> · kcal = 0,102 · Atm · m
	= 0,625 · 10 <sup>10</sup> eV = 1,36 · 10 <sup>-3</sup> · PS · s
1 Watt	= 1 V · A
1 Ohm	= 1 V/A
1 Henry	= 1 $\frac{V \cdot s}{A}$
1 Farad	= 1 $\frac{A \cdot s}{V}$
1 Gauß	= 1 · 10 <sup>-8</sup> · V · s/cm <sup>2</sup> = 1 cm <sup>1/2</sup> · g <sup>1/2</sup> · s <sup>-1</sup>
1,00 Oersted	= 1,00 Weber = 0,796 A/cm = 1,00 cm <sup>-1/2</sup> · g <sup>1/2</sup> · s <sup>-1</sup>
1 Maxwell	= 10 <sup>-8</sup> V · s
	$\frac{s}{\text{cm}^2} \cdot \frac{1}{g^2} \cdot \text{s}^{-2} = 3,34 \cdot 10^{10} \text{ A}$
1,00 cm <sup>1/2</sup> · g <sup>1/2</sup> · s <sup>-1</sup>	= 3 · 10 <sup>2</sup> V
1,00 cm <sup>-1</sup> · s	= 8,98 · 10 <sup>11</sup> Ω

**Zusammenfassung**

Vor Aufstellung oder Anwendung einer Gleichung muß geklärt werden, ob die als Symbole verwendeten Buchstaben physikalische Größen oder reine Zahlen repräsentieren sollen. Größengleichungen enthalten nur das Wesentliche der auszudrückenden Beziehung und sind von den möglichen Einheiten unabhängig. Zahlenwertgleichungen gelten nur für bestimmte, besonders mit der Gleichung angegebene Einheiten; sie müssen deshalb gegebenenfalls unwesentliche Zahlenfaktoren zur Anpassung an diese enthalten.

In der Praxis der numerischen Auswertung können Zahlenwertgleichungen bequemer sein, weil Größengleichungen gelegentlich das Ergebnis in einer unerwünschten Einheit liefern. Dieser Nachteil läßt sich durch Verwendung „zugeschnittener“ Größengleichungen umgehen, die zusätzlich einen Zahlenfaktor mit explizite angegebener Einheit enthalten, der die gewünschten Einheiten einander anpaßt und leicht auf andere Einheiten umgerechnet werden kann.

Zur Bestimmung dieser Zusatzgrößen empfiehlt sich ein „Rechenrezept“, in dem Größen konsequent als Produkt von Zahlenwert und Einheit angesehen werden und es damit mathematisch einwandfrei und durchsichtig ist.

## R U N D S C H A U

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316 (436)

**Der Hauptlastverteiler der Verbundgesellschaft.** [Nach Sonderheft der Ost. Z. Elektrizitätswirtschaft, Mai 1951.]

In 13 Aufsätzen beschreiben die Ingenieure des mit der Führung des Verbundbetriebes in Österreich betrauten Hauptlastverteilers der Verbundgesellschaft die Organisation dieser Dienststelle, schildern ihre Tätigkeit und erläutern die von ihnen angewandten Arbeitsmethoden einschließlich des Störungsbehebungsdienstes, zählen die ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel auf, erläutern die Betriebsergebnisse und die daraus gezogenen Folgerungen für Betrieb, Verbesserung und Erweiterung des österreichischen Verbundnetzes. Die Eigenheiten dieses Netzes werden eingehend erörtert. Mit aller Offenheit werden die noch bestehenden Mängel des Netzes zugegeben und die Wege zu ihrer Behebung gewiesen. Dem Leser wird ein äußerst reichhaltiges Informationsmaterial über die Führung des Betriebes eines ausgedehnten Verbundnetzes vorgelegt. Daß die österreichischen Gegebenheiten den 13 Aufsätzen zugrunde liegen, beeinträchtigt nicht den Wert einer solchen erstmaligen Sammlung von Aufsätzen für die Betriebsingenieure anders gegliederter Verbundnetze.

Durch den Zusammenschluß mehrerer Elektrizitätswerkunternehmen mit ausgedehnten Eigennetzen und eigenen Kraftwerken entstanden, ist, wie F. H i n t e r m a y e r im ersten Aufsatz hervorhebt, der Hauptlastverteiler (HLV) das zentrale Gehirn für alle Teilnetze, das nicht nur mit den Lastverteilern dieser Teilnetze arbeitet, sondern auch den kommenden Aufgaben, die der zukünftige zwischenstaatliche Energieaustausch aufwerfen wird, gerecht werden muß.

Die dem HLV zugewiesenen Aufgaben formuliert H. K a h l i g wie folgt: 1. die Fahrplanverfassung, 2. die Überwachung des Verbundbetriebes und 3. das Führen und Werten einer aufklärenden, lehrreichen Statistik.

Es mag als eine Eigenheit des österreichischen Verbundnetzes bezeichnet werden, daß es auch von Kraftwerken gespeist wird, die der HLV nicht unmittelbar überwacht. Diese „unkontrollierten“ kleineren Werke machen immerhin 20% der Gesamtkapazität aus. Beobachtungen ergaben eine gute Übereinstimmung zwischen ihrer Leistung und dem Wasserdargebot. Wie G. P r e t t e r k l i e b e r ausführt, wird der Soll-Fahrplan des kommenden Tages aus dem Ist-Fahrplan des vergangenen aufgebaut. Bewölkungs- und Temperaturänderungen können tiefgreifende Unterschiede hervorbringen, die Wasserdargebotsänderungen können Energieänderungen bis zu 5 GWh/Tag verursachen. Der Kraftwerkseinsatz wird durch wirtschaftliche Erwägungen bestimmt; der ermittelte Fehlbetrag wird durch kalorische Energie gedeckt.

Das Problem der Spannungshaltung in jedem Verbundnetz ist mit dem der Blindstromerzeugung innig verflochten. F. K a r l i c beleuchtet die Verhältnisse im österreichischen Netz dahingehend, daß dort bei voller Inanspruchnahme der Kapazität der hydraulisch angetriebenen Generatoren thermische Kraftwerke die Blindstromerzeugung übernehmen müssen. Es wird über unzureichende Spannungshaltungseinrichtungen im Osten des Landes geklagt und die Notwendigkeit betont, weitere Kondensatorenbatterien<sup>1</sup> aufzustellen.

Die Konstanzhaltung der Frequenz ist nur dann möglich, wenn ein leistungsfähiges Kraftwerk die Leistungsschwankungen auszugleichen vermag. Zum „frequenzfahrenden“ Werk des österreichischen Verbundnetzes wird das Speicherwerk Kaprun herangezogen, bei seinem Ausfall das Kraftwerk Gerlos oder das Draukraftwerk Schwabeck. Fährt ein Dampfkraftwerk Frequenz, so bereitet die Regelung der Dampferzeugung größere Schwierigkeiten als die Steuerung der Dampfturbinen.

Nicht nur die 110- sondern auch die 220 kV-Leitungen des österreichischen Verbundnetzes sind über Spulen im Sternpunkt geerdet. Wie W. W e l l e r berichtet, werden bei induktiver Erdung des Hoch- und des Niederspannungs-Sternpunktes eines Transformators in einem einzigen Erdschlußfalle auch auf der gesunden Seite Erdschlüsse vorgetäuscht. Im 110 kV-Netz ist die Löschgrenze bereits erreicht. Die Unterteilung durch Isoliertransformatoren wird studiert. Die Löschung erfolgt nach einem ausgearbeiteten Erdschlußplan. Besondere Schwierigkeiten bereitet die gemeinsame Führung

von Leitungen verschiedener Spannung auf gemeinsamem Gestänge. Die Verlagerungsspannung wird dauernd beobachtet und halbstündig registriert. Sie ist bei Schlechtwetter kleiner als bei Schönwetter. Automatische Schnellparallel-Schaltgeräte haben sich bewährt, Relais verschiedener Erzeugung arbeiten gut zusammen.

Aus der Tatsache, daß in Österreich die Stromversorgung mehreren selbständigen Unternehmen obliegt, hat sich die Notwendigkeit von besonderen Maßnahmen ergeben, um das wirtschaftliche Optimum der Gesamtversorgung zu erzielen. Diese sind nach H. S t e p h e n s o n die Sicherung des Kraftwerkseinsatzes nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, ferner die tariflichen Vereinbarungen unter den das Verbundnetz bildenden Gesellschaften. Die den Letztverbraucher versorgenden Landesgesellschaften, die auch Eigentümer von Kraftwerken sind, können aus dem Netz der Verbundgesellschaft Energie beziehen oder in dieses liefern. Sie werden somit die eigenen Dampfkraftwerke erst dann in Betrieb nehmen, wenn die den Strom billiger erzeugenden Wasserkraftwerke, die von der VG gesteuert werden, voll ausgenutzt sind. Die Wasserkraftwerke, deren wirtschaftlichen Einsatz der HLV neben Dampfkraftwerken zu steuern hat, sind solche der verschiedensten Arbeitsweisen: Laufkraft-, Schwell-, Groß- und Kleinspeicherwerke, Kraftwerksketten usw.

Es ist nicht möglich, im Rahmen dieser kurzen Besprechung die dem HLV zur Verfügung stehenden Hilfsmittel zu beschreiben. Es sei auf die Arbeit von G. P e r t o l d hingewiesen. Zusammenfassend sei nur gesagt, daß für die Lastverteilung und die Betriebsüberwachung folgende Mittel zur Verfügung stehen: a) Anschlüsse an das öffentliche Fernsprechnet, b) Anschlüsse an das öffentliche Fernschreibnetz, c) Anschlüsse an das betriebseigene Fernsprechnet, d) Anschlüsse an das betriebseigene Fernschreibnetz, e) die Fernmeßanlagen. Darüber hinaus zieht der HLV das Netzmodell heran, über das W. E r b a c h e r berichtet<sup>2</sup>.

Der Störungsbehebungsdienst, über den K. M a y e r berichtet, wird durch den teilweise gebirgigen Charakter des Landes besonders erschwert. Entstörungstrupps sind über das ganze Gebiet verteilt, sie werden bei großen Störungen zusammengezogen und mußten z. B. im letzten Winter durch Mastschäden, die in 2560 m Höhe auftraten, besonders schwierige Arbeiten durchführen. Der Lawinenreichtum des letzten Jahres erhöht die spezifische Störungszahl gegenüber dem Vorjahre auf 7,9.

Grundlage einer jeden Verbundbetriebsführung ist eine inhaltsvolle Statistik, die Zahlen nicht nur zusammenträgt, sondern sinnvoll und lehrreich gegenüberstellt. Zwei Arbeiten von L. B a u e r formulieren erfaßte Gesetzmäßigkeiten, und zwar Zusammenhänge zwischen Wasserdargebot und Temperatur und den zu gewärtigenden Leistungen der Kraftwerke. Die statistischen Daten deuten der Planung zwecks Vervollkommnung des österreichischen Verbundnetzes die zu gehenden Wege an. Ausnutzungs- und Benützungsdauer, spezifische Brennstoffverbrauchszahlen usw. lassen die Zweckmäßigkeit des erfolgten Kraftwerkseinsatzes beurteilen und deuten die Wege an, um ihre Wirtschaftlichkeit optimal zu gestalten. Der Wertung der Arbeit des BLV liegt u. a. die „Tagesenergiebilanz“ zugrunde, die bei zweckmäßiger Aufspaltung allgemeine und spezielle Entwicklungstendenzen erkennen läßt. Mit großer Offenherzigkeit werden die „schwachen Punkte“ des Verbundnetzes zugegeben und die Mittel zu ihrer Behebung aufgezählt, deren Anwendung teils vorbereitet, teils geplant wird.

Kh

DK 621.311.21

**Das Aletschwerk im Wallis.** [Nach Elektrizitätsverwertung 25 (1950) S. 213; 3 S. u. 227; 2 S., 3 B.]

Die Aletsch-AG. und die Chemiefabriken Basel bauen als Industriekraftwerk das Aletschwerk im Kanton Wallis aus, in dem Ende April 1950 die erste der beiden Maschinengruppen von 8000 kW in Betrieb ging. Das Werk nutzt als Hochdrucklaufwerk etwa 7000 m Gefälle aus. Seine Anlage wurde weitgehend bestimmt durch den 2,8 km langen Riederhornstollen, der für einen Durchfluß von 4 m<sup>3</sup>/s bemessen ist. Für die Bewässerung werden jetzt 0,6 m<sup>3</sup>/s benötigt, der Rest steht für die Stromversorgung zur Verfügung. Die Rohre der Druckleitung von 750 bis 900 mm Durchmesser

<sup>1</sup> s. a. ETZ 71 (1950) S. 434.

<sup>2</sup> s. a. ETZ 72 (1951) H. 7, S. 208.



sind auf der ganzen Strecke von 1650 m Länge im Boden verlegt. Der Maschinensaal hat 26 m Länge und 11,5 m Breite. Er erhält im Endausbau die beiden Maschinensätze; diese sind eindüsige Peltonturbinen von je 8000 kW, 750 U/min mit waagerechten Wellen und unmittelbar gekuppelten Drehstromgeneratoren für 10 000 kVA, 16,6 kV und 50 Hz. Die Generatorspannung wurde an die dortige Elektrizitätsversorgung angepaßt, so daß in Ausnahmefällen unmittelbar in das Überlandnetz gespeist werden kann. Zur Erhöhung der Gewittersicherheit wurden die beiden Haupttransformatoren mit Tertiärwicklungen versehen; sie sind bemessen I: 16,6 kV für 10 000 kVA, II: 67 kV (umschaltbar auf 50 kV) für 10 000 kVA, III: 16,6 kV für 3000 kVA. Die Leistungsschalter sind Druckluftschalter. Die mittlere Jahreserzeugung des Werkes beträgt etwa 80 Mio. kWh, von denen 25 auf das Winterhalbjahr und 55 auf das Sommerhalbjahr entfallen.

ts  
DK 621.311.24

### Die Windkraftanlage im Berliner Zoo.

Da die Bereitstellung der Windenergie in dünnbesiedelten Gebieten, vor allem zur Be- und Entwässerung, angesichts des ständig steigenden Weltenergiebedarfs eine auf Lösung drängende Entwicklungsaufgabe ist, bei der aerodynamische, statische, maschinentechnische und elektrische Probleme zu einer gemeinsamen Lösung verbunden werden müssen, wurde schon vor dem Kriege eine aussichtsvolle und durch mechanische Schnellregelung auffallende Lösung durch den Bau eines Kraftwerkes mit Windrad von 10 m Dmr. mit auf dem Turm montiertem 5 kW-Gleichstromgenerator gefördert. Es blieb 4 Jahre im Betrieb und wurde im Kriege zerstört.



Bild 1. 25 kW-Windkraftanlage.

Dem schnellen und häufigen Stärkewechsel der Windenergie wurde nicht durch Pendellassen der Drehzahl zwischen größeren Bereichen begegnet, sondern durch schnelles „direktes“ Verstellen der Flügel durch einen Fliehkraftregler, der so stark bemessen war, daß er die im Leichtbau ausgeführten, aerodynamisch profilierten Flügelhäute wie im Winde stehende Segel böensynchron, aber leistungsgleich verstellen konnte. Diese Regelart hat sich bewährt, und ohne Akkuhilfe im schreibenden Voltmeter nur 1,5% Schwankung zeigt. Servomotoren sind überflüssig und verschlingen auch einen zu großen Gewinnanteil bei gleicher Verstelleistung.

Die Fortsetzung dieser Entwicklung übernahm während des Krieges die Turmbaufirma Hein. Lehmann, Berlin. Infolge des Krieges wurde die Weiterentwicklung von der Wind-Elektro-Gesellschaft übernommen, die mit der Ausführung des schon im Kriege vorbereiteten nächsten Entwicklungsschrittes, nämlich einer Anlage von 25 kW mit Windrad von 20 m Dmr. begann (Bild 1), die sich in allen Teilen auf die kleinere Anlage (baulich wie 1:2) stützte. Infolge der zu erwartenden Drehzahlkonstanz wurde geplant, Drehstrom durch Asynchron-generator zu erzeugen, der vom Berliner Stromnetz aufgenommen werden sollte.

Die Nachkriegsentwicklung, gerade in Berlin, hat nun dieses Bauvorhaben ungemein erschwert. Schon das zeitweise Abgleiten der Netzfrequenz von 50 auf 42 Hz erforderte, daß die Ersteinsschaltung mit einem frequenzfolgenden Hilfsregler begonnen wurde. Wirtschaftliche Schwierigkeiten ließen als Ausweg nur die Aufstellung auf dem alten Wasserturm des Berliner Zoo zu. Als die Ersteinsschaltung des Netzes in den Abendstunden des 23. Sept. 1949 vorbereitet wurde und nachdem das Windrad die Volldrehzahl erreicht hatte und es probeweise wieder auf Selbstausrücken gestellt wurde, drückte eine überraschend auftretende Böe

es auf Ueberdrehzahl, wodurch sich eine Flügelhaut löste, während das Windrad noch mit rd. 25 U/min mit zwei vollen Flügeln sich selbst ausschaltete. Der Nachkriegsstoß war laut Materialprobe zu brüchig und hielt die nicht allzugroße Ueberdrehzahl nicht aus. Andernfalls hätte einige Minuten später die Stromlieferung ins Netz begonnen.

Bei konstanter Frequenz — wie jetzt — sollten die Flügel durch einen Fliehkraftregler verstellbar werden. Durch seinen Einbau wäre ein grundlegender Versuch zur laufenden Drehstromlieferung in ein Netz beendet worden. Daher sind auch Bemühungen im Gange, durch Bereitstellung neuer Mittel diesen Entwicklungsschritt abzuschließen.

G. König †

### Geräte und Stromrichter

DK 621.316.54.044

**Die Kontaktkraft bei der Abschaltung elektrischer Niederspannungs-Schaltgeräte.** [Nach W. Laig-Hörstebroek Elektrotechn., Bln., 4 (1950) S. 226; 3 S., 4 B.]

Der Verfasser behandelt in seinem Aufsatz das in Bild 2 dargestellte Schalterschloß und zeigt, daß durch entsprechende Bemessung der Kontaktfinger und Beeinflussung der Kontaktbeschleunigung der Kontaktdruck einen bestimmten Wert nicht eher unterschreitet, bis die Trennung erfolgt. Der Kontaktdruck wird abgeleitet zu:

$$Q = \left( M_2 \cdot \frac{s}{P_2} - m_2 \right) \frac{dv}{dt} + P \cdot \frac{P_2 - f_2}{P_2} (1 - \beta x).$$

Hierin ist (s. a. Bild 2):

- $M_2$  = gesamte Masse des Kontaktfingers unter Berücksichtigung der beweglichen Bänder,
- $s$  = Komponente des Schwerpunktsabstandes des Kontaktfingers in Richtung AB, von A aus gemessen,
- $v$  = Geschwindigkeit des Punktes B,
- $m_2$  = Ersatzmasse im Punkte B für das Trägheitsmoment des Kontaktfingers in A ( $m_2 = I/P_2^2$ )
- $P(1-\beta x)$  = Federkraft

Der erste Summand in obiger Gleichung bedeutet den Anteil, der von der Massenbeschleunigung herrührt, der zweite ist der Anteil der Kontaktdruckfeder. Der erste wird bei weit über A hinausragenden Kontaktfingern negativ und um so kleiner, je kleiner die Beschleunigung in B und ( $M_2 s/P_2 - m_2$ ) ist. Dagegen wird Q größer, wenn  $m_2$  klein und s positiv und groß wird.

Der Verfasser untersucht dann 2 Fälle: a) daß unabhängig vom Weg x die auf B reduzierten Massen konstant bleiben, b) den in der Praxis häufigeren Fall, daß sowohl die Massen nicht mehr konstant sind als auch die Federkraft nicht mehr linear abhängig von x ist.

Für a) führt der Weg zur Kontaktkraft Q in Abhängigkeit von x über einfache Differentialgleichungen, deren Lösungen angegeben sind. Dagegen wird bei b) über die Lagrangesche Gleichung ein System von Differentialgleichungen aufgestellt, das mit graphischen Methoden ausgewertet wurde.

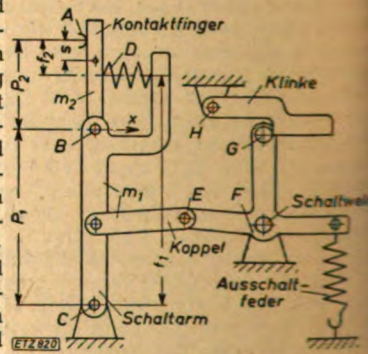
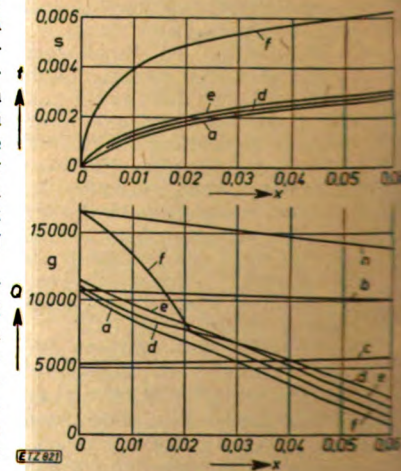


Bild 2. Schematische Darstellung des untersuchten Schalters.



a ungeänderter Schalter  
 b, c konstante Masse  
 d Verstärkung des Schaltarmes  
 e Verstärkung der Schaltwelle  
 f Berücksichtigung der Klinke

Bild 3. Verlauf der Schaltzeit t und des Kontaktdruckes Q abhängig von x.



An Hand eines Zahlenbeispiels werden die gefundenen Gleichungen diskutiert. Bild 3 zeigt die Ergebnisse, sie zeigen sehr eindeutig, daß die Kontaktkräfte erheblich unter den Werten des von der Kontaktdruckfeder bedingten statischen Druckes liegen (Kurve n). Welche Mittel zur Verbesserung der Ergebnisse dienen, wird gezeigt, gleichzeitig aber auch, daß diese Änderungen einen nur geringen Einfluß auf die gesamte Schaltzeit ausüben, da der Einfluß der Klinke sehr groß und in den berechneten Kurven zunächst nicht berücksichtigt war.

Der Verfasser zeigt, wie wichtig für den Kontaktdruck die richtige Verteilung der bewegten Massen ist und welche Mittel man in der Hand hat, ein einwandfreies Arbeiten zu garantieren.

My

### Kabel und Leitungen

DK 621.315.213.14.029.54

Über die zeitliche Konstanz der Eigenschaften von Trägerfrequenzkabeln. [Nach G. Reuschenbach und R. Schmidt: Felten & Guillaume Rdsch. 1950 S. 72; 6 1/2 B., 12 B. und 1950, S. 114; 1/2 S., 1 B.]

Die Arbeit befaßt sich in der Hauptsache mit Untersuchungen über die Stabilität der Nebensprechkopplungen in vielpaarigen Trägerfrequenzkabeln. In solchen Kabeln wird bekanntlich bei der Montage durch Kreuzungen und den Einbau von Ausgleichselementen eine weitgehende Beseitigung der Nebensprechkopplungen angestrebt. Durch die Alterung der Kabel, durch Temperaturwechsel und Erschütterungen können sich die Kopplungen im Kabel aber ändern, so daß die Ausgleichsmaßnahmen einen Teil ihrer Wirkung verlieren. Über diese Verhältnisse, die vor allem bei höheren Frequenzen eine große Bedeutung haben, liegen bis jetzt nur sehr wenige Erfahrungswerte vor. Die Verfasser führten deshalb diesbezügliche Untersuchungen an zwei Versuchsstrecken von je 1,8 km Länge bei 240 Hz — das ist etwa die höchste Frequenz, die bis jetzt für den Trägerfrequenzbetrieb in solchen Kabeln geplant ist — durch. Das Versuchskabel enthielt 12 papierisolierte Sternleiter mit 1,2 mm Leiterstärke und entsprach im wesentlichen hinsichtlich seines Aufbaues und seiner Eigenschaften dem von der Deutschen Bundespost für den Aufbau eines neuen Trägerfrequenznetzes vorgesehenen Typ. Das Kabel war im Erdboden verlegt und konnte durch eine künstliche Heizung über den Bleimantel größeren Temperaturschwankungen unterworfen werden. Über einen Beobachtungszeitraum von rund 4 Monaten wurden gegenüber dem Anfangszustand geringe Kopplungsänderungen gefunden, die als im Sinne einer Verbesserung, teils im Sinne einer Verschlechterung der Nebensprechdämpfung wirkten. Im Mittel ergab sich für die 1,8 km langen Strecken eine Änderung um etwa 0,2 µS im Sinne einer Verschlechterung, während vereinzelte maximale Änderungen um etwa 1,5 µS auftraten. Unter der Annahme einer quadratischen Addition der einzelnen Schwankungen errechnet sich hieraus eine maximale Kopplungsänderung von etwa 5 µS für ein einzelnes Verstärkerfeld.

Berücksichtigt man, daß durch die Ausgleichsarbeiten der Nebensprechdämpfung ein Mindestwert von etwa 5 Neper, entsprechend einer Kopplung von etwa 10 µS, erreicht werden kann und daß vom CCJF für das 24-Kanal-System ein Mindestwert von 7,5 Neper entsprechend einer Kopplung von 26 µS empfohlen wird, den man auch hier einnehmen kann (240 kHz entsprechen einem 48...60-Kanal-System), so verbleibt ein Spielraum von etwa 16 µS für Kopplungsänderungen, der nach den vorliegenden Untersuchungen nur zu einem Drittel in Anspruch genommen wird. Auf Grund dieser Ergebnisse erscheint die trägerfrequente Ausnutzung vielpaariger symmetrischer Kabel bis zu rund 40 kHz durchaus möglich.

Ergänzend zu diesen Untersuchungen wurden einige orientierende Beobachtungen über das temperaturabhängige Verhalten der Kabeleigenschaften durchgeführt, u. a. über den Temperaturkoeffizienten der Leitungsdämpfung. Die an sehr kleinen Änderungen der Dämpfung mit der Temperatur konnten mit den zunächst vorhandenen Einrichtungen bei höherer Frequenz nicht ganz sicher gemessen werden, wurden aber später mit verbesserten Geräten genauer bestimmt. Die Dämpfungsänderung je km und 10 °C hatte bei rd. 70 kHz ein Minimum von etwa 2,2 mN, stieg nach diesen Frequenzen bis auf 3,4 mN bei 12 kHz und nach höheren Frequenzen bis auf 3,8 mN bei 250 kHz.

Bb

### Elektrowärme

DK 621.365.5

Induktionsheizung mit querlaufendem Feld. [Nach R. M. Baker: Electr. Engng. 69 (1950) S. 922; 2 1/2 S., 6 B.]

Der Verfasser beschreibt ein Verfahren, bei dem der magnetische Fluß senkrecht zur Oberfläche des Gutes und quer hindurch verläuft. Gedacht ist dieser Aufbau für die Erwärmung von Bändern. In Betracht kommen Frequenzen von 60 Hz ... 10 kHz, je nach der zu lösenden Aufgabe. So war es möglich, ein rund 1 mm dickes Aluminiumblech von rund 1400 mm Breite mit Normalfrequenz (60 Hz) zu erwärmen. Die Spule nahm etwa 300 kW bei  $\cos \varphi = 0,3$  und 80% Wirkungsgrad auf. Die Breite des Luftspaltes beträgt 70 mm. Bei einer Durchlaufgeschwindigkeit von etwa 9 m/min wurde eine Temperatur von 400 °C im Gut erzeugt. Bild 4 zeigt die grundsätzliche Anordnung. Durch die Bewegung des Blechstreifens durch das Gerät wird in der Längsrichtung eine gleichmäßige Erwärmung erreicht. An der Blechkante ist sie jedoch nicht mehr gleichförmig. Durch eine Bewegung der Erwärmungseinrichtung quer zur Richtung der Bandbewegung kann man auch diese Ungleichmäßigkeit in der Erwärmung beseitigen und ist auch nicht mehr von der Blech- und Gerätebreite abhängig.

Beim Betrieb stellte sich eine unerwartete Erscheinung ein. Die Bandkanten wurden gegen die Kanten des Magneten, auch bei unmagnetischem Material, gezogen. Abhilfe brachten U-förmige Kupferschilde, die an den seitlich bewegbaren Polen befestigt sind. Die Dicke der Kupferschilde kann zur rechnerischen Größe der Eindringtiefe in Beziehung gebracht werden. Die Seitwärtsbewegung der Magneten kann durch Photozellen begrenzt werden.

HM

Streifen zu behandelndes Gut

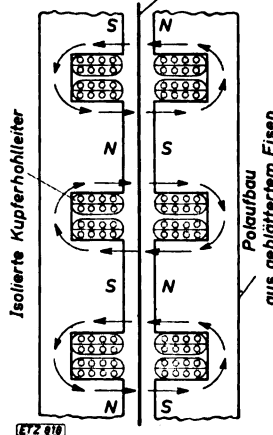


Bild 4. Aufbau der Pole und Verlauf des magnetischen Feldes für induktive Querheizung

### Physik

DK 621.317.45

Sichtbare Magnetfeldlinien mit Hilfe von Gasentladungen. [Nach F. Blaha u. J. A. Schelding: J. Appl. Phys. 22 (1951) S. 11; 3 S., 7 B.]

Zwischen Magnetfeldpolen erscheint in der Nähe der Kathode eine Glimmentladung als leuchtendes Band, das den Feldlinien folgt. Die Autoren machen sich diese Tatsache zu Nutze, um den Verlauf dieser Feldlinien sichtbar zu machen. Das Verfahren, dessen Anordnung Bild 5 zeigt, eignet sich

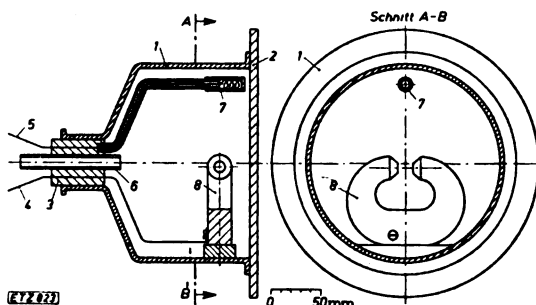


Bild 5. Schema der Anordnung. 1 Glasglocke, 2 Glasplatte, 3 Stopfen, 4, 5 Zuleitungen, 6 Vakuumanschluß, 7 Anode, 8 Magnet, Kathode.

vor allem zur Untersuchung des Feldverlaufes kleiner, kompliziert gestalteter Luftspalte. Die beobachteten Magnetfelder hatten zwischen 500 und 5000 Gauß. Die Entladung brannte mit 5...40 mA Gleichstrom bei 400...800 Volt, der Gasdruck konnte zwischen 0,01 und 10 Torr variiert werden, als Gas wurden Luft, CO<sub>2</sub> und andere benutzt, je nach der gewünschten Farbe der leuchtenden Streifen. Die Entladung ist in der Nähe der Anode, also in der positiven Säule durch die Streufeldlinien diffus gemacht, so daß sie auf den Photographien nicht erscheint. Um mehrere Feld-

linien zu erhalten, werden die Magnetpole mit dünnen Schichten von Kunststoffen, Glimmer usw. bedeckt, die Löcher von wenigen 10<sup>-1</sup> mm haben. So kann man die Ansatzpunkte der interessierenden Feldlinien fixieren. In vielen Fällen ist es möglich, durch entsprechende Verteilung der Feldlinien und stereoskopische Photographie auch räumliche Felder auszumessen. Ein neues Verfahren, das mit einer Hilfskathode arbeitet, wird kurz beschrieben. Es erlaubt wahrscheinlich auch die unmittelbare Feldstärkemessung.

Bu

Hochfrequenztechnik

DK 621.385.333 : 029.64

Eine neue Mikrowellentriode; konstruktive Einzelheiten. [Nach J. A. Morton und R. M. Ryder: Bell. Syst. techn. J. 19 (1950) S. 496.]

Bei der Entwicklung so komplizierter Bausteine wie Mikrowellenröhren für das 4000 MHz-Gebiet findet man ähnliche Gedanken der Bewertungsmethodik wie sie von Kesselring<sup>1</sup> für ein ganz anderes Gebiet ausgedrückt worden sind.

Nach Aufstellung der Bedingungen, denen die neu zu entwickelnde Röhre zu genügen hat, muß zunächst festgestellt werden, welcher Röhrentyp die beste Aussicht auf Erfolg hat. Dies geschieht mit Bewertungsgleichungen, deren Sinn und Ableitungen ausführlich behandelt werden. Die Gleichung, die zur Bewertung eines Klystrons oder einer Pentode herangezogen wird, ist das Produkt aus Spannungsverstärkung und Bandbreite:

$$|G_0| \cdot B = |Y_{21}| / 2\pi \sqrt{C_e \cdot C_a} \quad (1)$$

Darin sind:

- G<sub>0</sub> die Spannungsverstärkung in Bandmitte
- B die Bandbreite bis zu einer Dämpfung von 0,35 N (3 db)
- Y<sub>21</sub> der (komplexe) Durchgriff der Verstärkerstufe
- C<sub>e</sub> die Kapazität des Eingangskreises
- C<sub>a</sub> die Kapazität des Ausgangskreises

Das Produkt |G<sub>0</sub>| · B ist konstant, wenn Eingangs- und Ausgangskreis auf die gleiche Gütezahl Q gebracht sind, was für den Betrieb der oben genannten Röhren üblich ist. Bei Trioden und Tetroden ist jedoch Q<sub>e</sub> viel kleiner als Q<sub>a</sub> und die Bewertungsgleichung wird nur unabhängig von einer willkürlich gewählten Bandbreite, wenn das Produkt aus dieser und der Leistungsverstärkung gebildet wird:

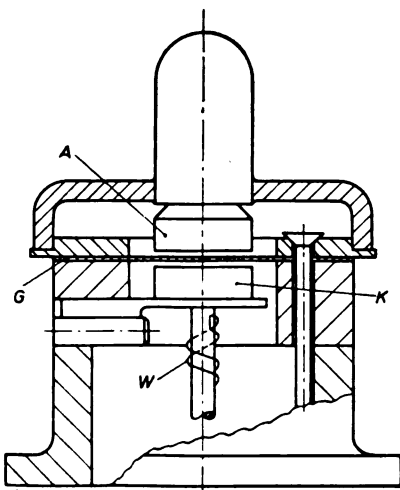
$$|G_0|^2 \cdot B = |Y_{21}|^2 / 2\pi G_e \cdot C_a; \quad (2)$$

darin ist G<sub>e</sub> der Gesamtleitwert des Eingangskreises.

Aus Gl. (1) kann entnommen werden, daß ein Klystron durch Vergrößern von Y<sub>21</sub> oder Verkleinern von C<sub>e</sub> und C<sub>a</sub> zu verbessern ist.

Bezügl. Y<sub>21</sub> ist der obere Grenzwert bei den vorhandenen Typen aber nahezu erreicht; um den Durchgriff der Triode ebenbürtig zu machen, käme man zu ebenso kleinen Elektrodenabständen wie bei ihr, und es würden Schwierigkeiten bei der Raumladung sowie durch die Anzahl der Gitter auftreten.

Mit Hilfe von Gl. (2) wird nachgewiesen, daß eine Triode den gestellten Anforderungen besser genügt. Aus neuen Bewertungsgleichungen werden durch Variieren die günstigsten Ab-



A Anode G Gitter K Kathode W Heizwendel  
Bild 6. Schnitt durch die Triode.

messungen ermittelt, indem C<sub>e</sub> und C<sub>a</sub> in die Anteile a. gespalten werden, die von der Röhre selbst und vom äußeren Schwingkreis stammen. Durch weitere Umformung wird das Produkt |G<sub>0</sub>|<sup>2</sup> · B nach der Kathodenstromdichte, dem Kathoden-Gitterabstand, der Maschenweite des Gitters, dem Anoden-Gitterabstand verändert, die praktischen Grenzen werden festgestellt und die günstigsten Parameter bestimmt.

Das Bild 6 zeigt die wesentlichen Elemente der fertigen Triode. Es ist zu erwähnen, daß der Oxydbelag einschließend den Gitter- und Anodenabstand der neuen Triode (B. T. L. 1553) kleiner ist als die gesamte Oxydschicht auf der Kathode der bisher von den Bell Laboratorien benutzten Mikrowellentriode.

In der Tafel 1 sind die wesentlichen Abmessungen der neuen Triode angegeben:

Tafel 1. Elektrodenabstände (Abmessungen in 10 <sup>-3</sup> mm)	
Oxydbelag der Kathode	12,5 ± 0,2
Kathoden-Gitter-Abstand	15,0
Durchmesser des Gitterdrahtes	7,5
Maschenweite des Gitters	18,0
Anoden-Gitter-Abstand	300,0

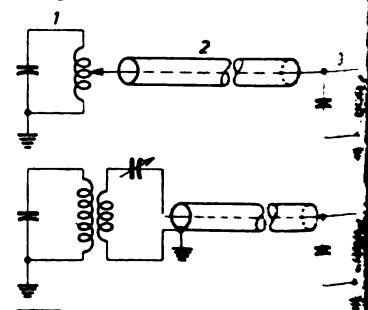
Obwohl Einflußgrößen wie Kathodenaktivität, Lebensdauer, Heizleistung u. ä. in den Betrachtungen nur nebensächlich behandelt werden, sind jedoch Hinweise für ihre Bestimmung vorhanden.

DK 621.343

Lastanpassung an Hochfrequenzgeneratoren. [Nach R. H. Gopalan: Electronics, N. Y., 23 (1950) S. 98; 4 S. 10.]

Bei Hochfrequenzgeneratoren größerer Leistung besteht es einer Hochfrequenzleitung zwischen dem Generator und dem zu behandelnden Gut. Der Wellenwiderstand einer solchen sogenannten Anpassungsleitung liegt meistens bei 50 Ω. Der Widerstand der Last sehr oft bei Bruchteilen eines Ohm. Die Abstimmung der Belastung auf den Generator kann vereinfacht werden, wenn man sich nicht nach der Anpassungsleistung zu richten braucht. Da solche Leitungen selten die Viertelwellenlänge überschreiten, so können die Verluste die von stehenden Wellen herrühren, auf einen kleinen Wert beschränkt werden. Die meisten Generatoren für hohe Frequenzen sind für Lastwiderstände unterhalb des Wellenwiderstandes bemessen. Als Anpassungsleitung wird aus Gründen der Vermeidung von Rundfunkstörungen meistens eine konzentrische Leitung gewählt. Im günstigsten Falle, wenn der an die Leitung angeschlossene wahre Wellenwiderstand zahlenmäßig dem Wellenwiderstand der Leitung entspricht, sind auf ihr Strom und Spannung in jedem Punkt in Phase. Bei unvollkommenen Leitungen wird im Falle der dielektrischen Erwärmung trotzdem wegen der an sich sehr kurzen Leitungen kaum eine Anpassungsschwierigkeit zu erwarten sein, die Leistungsverluste also auch relativ klein sind. Durch Parallelschaltung einer Drossel zum Behandlungsgut kann man für die Anpassung des so vervollkommenen quasistationären Behandlungskreises an den Leistungszug, zumal bei großen Leistungen, die sonst erforderlich wären, die Überhöhung der Spannung am Leitungsende weglassen. Im allgemeinen kann man die Belastung bei Leistungen zwischen 1/8 und 1/4 der Wellenlänge durch Parallelschaltung von Drosseln leicht anpassen.

Der Verfasser empfiehlt, nicht in der Resonanzlage zu arbeiten, sondern rechts und links von der eigentlichen Resonanzspitze. Je nachdem man die Anpassungsleitung galvanisch oder transformatorisch über einen abstimmbaren Schwingungskreis ankoppelt (Bild 7), erhält man, zumal für die galvanische Kopplung, einen verhältnismäßig großen Bereich für den anschließenden Belastungswiderstand. Auf Grund der Gleichungen zwischen den Kenngrößen des Generators und der anschließenden Belastung sind Kurven ermittelt, bei denen das Verhältnis der Spannungen an Anfang und Ende der Anpassungsleitung über die



1 Generator, 2 Anpassungsleitung  
Bild 7. Galvanische und induktive Kopplung

<sup>1</sup> Die starke Konstruktion. Z VDI 86 (1942) S. 321.

ungslänge aufgetragen sind. Als Parameter dient dabei der Scheinwiderstand der Belastung. Diese Kurven erlauben die Bestimmung der jeweils günstigsten Leitungslänge. Schließlich wird auf eine von P. H. Smith entwickelte graphische Rechen tafel zur Bestimmung der günstigsten Länge der Anpassungsleitung hingewiesen. HM

**Lichttechnik**

DK 621.327.43

**Leuchtstofflampen-Anlagen.** [Nach W. Schrank: Licht-Techn. 3 (1951) S. 8; 2 S.]

Nach Abschluß eines gewissen Entwicklungsstadiums der Leuchtstofflampen und ihrer Einführung auf den verschiedensten Gebieten in größerem Ausmaß ist es angebracht, Herstellungs- und Installationsvorschriften zu erlassen. Der Verfasser deutet an, daß der VDE mit entsprechenden Vorarbeiten beschäftigt ist und die BEWAG schon jetzt vorsorglich bis zum Erscheinen der einschlägigen VDE-Vorschriften für ihr Versorgungsgebiet einige ihr notwendig erscheinende Bestimmungen im Rahmen ihrer Anschlußbedingungen mit Wirkung ab 1. Okt. 1950 herausgegeben hat. Das Wichtigste hieraus ist:

Die Mindestquerschnitte für Zuführungsleitungen (d. h. Leitungen vor den Drosselspulen) 1,5 mm<sup>2</sup> Cu, für Verbindungsleitungen (zwischen Drosselspule und Leuchtstofflampe) 1 mm<sup>2</sup> bei fester Verlegung und 0,75 mm<sup>2</sup> an und in Beleuchtungskörpern. Absicherung der einzelnen Lampenstromkreise mit höchstens 10 A. Unterbringung mehrerer Drosselspulen bei zentraler Anordnung in gelüfteten Schutzkästen. Berührungsschutz. Vorübergehende Zulassungsfähigkeit für sämtliche Zubehörteile. Einzelheiten hierzu in Bezug auf Drosselspulen, Kondensatoren, kombinierte Vorhaltgeräte, Fassungen und Leuchten werden gestreift. Einsehender werden die Fragen der Blindstromkompensation vortiert und die wissenswerten Berechnungsangaben für Einzel- und Gruppenkompensation gemacht. Vi

**Werkstoffe**

DK 621.315.554

**Thermobimetalle** [Nach J. Bingel: Arch. Metallkde. 3 (1949) S. 422; 4<sup>1/2</sup> S., 6 B.]

Thermobimetalle basieren im Wesentlichen auf der Erkenntnis, daß es bestimmte Fe-Ni-Legierungen gibt, die einen sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten besitzen. Während die beiden Grundmetalle die Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha_{Fe} = 11,9 \cdot 10^{-6} \cdot 1/T$  und  $\alpha_{Ni} = 13,0 \cdot 10^{-6} \cdot 1/T$  besitzen, beträgt der Ausdehnungskoeffizient der Fe-Ni-Legierung Invar mit 36% Ni und 64% Fe zwischen 20° und 120° rd.  $90 \cdot 10^{-6} \cdot 1/T$ . Jede bimetalliche Vereinigung des Invars mit einem anderen Metall führt zu einer hohen, der Differenz der Ausdehnungskoeffizienten ( $\alpha_{Me} - \alpha_{Inv}$ ) entsprechenden thermobimetallichen Auslenkung. Die sogenannten Superinvars besitzen bei höherem Ni-Gehalt (42 ... 48%) zwar einen größeren Ausdehnungskoeffizienten ( $4,0 \cdot 10^{-6}$ ) als Invar, sind aber bis zu höheren Temperaturen praktisch invariant, während der Temperaturkoeffizient von Invar bei Temperaturen über 150 °C stark mit der Temperatur ansteigt.

Die bimetalliche Auslenkung ist eine lineare Funktion des Temperaturunterschiedes  $\tau$  zwischen Arbeitstemperatur und einer Bezugstemperatur, multipliziert mit der Differenz der Ausdehnungskoeffizienten ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) und einer Konstanten. Die Auslenkung ist daher nur linear, falls die übrigen Faktoren von der Temperatur unabhängig sind. Als Komponenten höherer Wärmedehnung kommen Konstantan (55 Cu, 45 Ni), Monel (65 Ni, 30 Cu, 5 Fe + Mn), seltener Messing der Bronze in Frage. Obwohl die Kombination Superinvar-Konstantan mit einer spezifischen Auslenkung<sup>1</sup> von  $a = 0,125$  mm sich recht gut bewährte, wurde die Komponente höherer Wärmeausdehnung wegen schlechter Verwertbarkeit der Abfälle durch eine Fe-Ni-Legierung mit 22 ... 27% Ni ersetzt, die durch Zusatz von 5% Mo eine gute Charakteristik liefert und durch Ersatz des Mo durch Mn eine gleichartige und elastische Komponente ergibt, die sich gut warmalzen läßt.

Alle vorgenannten Thermobimetalle besitzen eine annähernd geradlinige, steile Charakteristik bis rd. 120 °C. Darüber ist eine Fe-Ni-Legierung mit 42% Ni zu wählen. Durch Zwischenplattieren von Ni kann der spezifische elektrische Widerstand herabgesetzt werden.

<sup>1</sup> Spezifische Auslenkung a: Ausbiegung eines geraden Streifens von 1 mm freier Länge und 1 mm Dicke bei 1 °C Temperaturänderung in mm.

Der Verfasser gibt weiter eine elastizitätstheoretisch exakte Berechnung der Bimetalwirkung. Bezeichnet man mit  $l$  die Länge, mit  $b$  die Breite und mit  $s$  die Dicke eines Bimetalstreifens (wobei gleiche Schichtdicken  $s/2$  der Komponenten vorausgesetzt werden), mit  $\tau$  den Temperaturanstieg  $\tau = t - 20$ , mit  $a$  die spezifische Auslenkung, so ergibt sich die Bimetalauslenkung  $f$  zu

$$f = \frac{a \tau}{s} \left( \frac{l}{100} \right)^2.$$

Für den Gesamtauslenkungswinkel einer Spirale von der Länge  $l$  leitet der Verfasser folgende Beziehung ab

$$\alpha = 0,0115 \frac{a \tau}{s} l.$$

Demnach gehorcht die Auslenkung in Gradeinheiten demselben Gesetz wie die lineare Auslenkung, eine wichtige Voraussetzung für den Bau von Meßgeräten.

Für die Kraftleistung eines einseitig eingespannten Bimetalstreifens der Dicke  $s$ , der Länge  $l$  und der am Ende des Freitragers wirkenden Kraft  $P$  ermittelt der Verfasser unter Annahme eines für beide Komponenten gleichen Elastizitätsmoduls  $E$  folgende Beziehung

$$P = \frac{K \tau E b s^2}{4 l},$$

wobei  $k$  der Gleichung  $f = \frac{k \tau}{s} l^2$  entnommen werden kann.

Weitere Ausführungen sind der Technologie der Bimetalherstellung, der Korrosionsverhütung und der Prüfung der Güte der Plattierung gewidmet. S—z

**Verschiedenes**

DK 061.3 (VDI)

**VDI-Hauptversammlung 1951 in Hannover**

Die Tagung des Vereines Deutscher Ingenieure vereinigte vom 30. Juli bis 3. August 1400 Fachleute des In- und Auslandes. Sie wurde eröffnet am 1. August mit der üblichen Mitgliederversammlung. In dieser wurde als Wichtigstes eine Satzungsänderung beschlossen, nach der künftig auch Firmen als fördernde, aber nicht stimmberichtigte Mitglieder aufgenommen werden können. Bei dem sich dann anschließenden Festakt hielt der Rektor der Technischen Hochschule Hannover, Prof. Dr. Deckert, den Festvortrag mit dem Thema „Aufgabe und Verantwortung des Ingenieurs in der modernen Welt“. Die Zeit, in der wir leben, sei eine andere als diejenige, die man als Neuzeit bezeichne. Die heutige Hast und Vermassung seien der Ausdruck einer Flucht vor uns selbst. Ein reines Spezialistentum habe im 19. Jahrhundert zur Technik als Selbstzweck und zu einem Automatismus geführt. Aber nicht Restauration bringe Abhilfe, sondern zwischen dem Nihilismus des Existentialisten und der Fortschrittsgläubigkeit des Materialisten der verantwortungsbewußte Wille zu einem Wirken für die wesentlichen Bedürfnisse: Gesundheit, Schönheit und inneren Frieden.

An den anderen Tagen fanden 11 Fachsitzungen, die ihrerseits je 3 bis 4 Vorträge brachten, statt: Kraft und Wärme, Messen in der Fertigung, Fördertechnik, Betriebstechnik, Baubetrieb, Heizkraftwirtschaft, Arbeitsgestaltung und Arbeitsschutz, Technik und Wirtschaft, Heizung und Lüftung, Versehrtenfürsorge, Lebensmitteltechnik. Unter ihnen sei hier nur auf die Fachsitzung „Kraft und Wärme“ und „Heizkraftwirtschaft“ eingegangen. Ihre Redner waren H. Erythropel mit dem Thema „Überhitzer und Überhitzergestaltung“, K. Jaroschek mit „Wirkungsgrad von Industrie-Dampfturbinen“, C. Bayer mit „Luftgekühlte Kondensatoren in Dampfkraftanlagen“, ferner W. Mackenthun mit „Stand der öffentlichen Heizkraftwirtschaft“, U. Kraus mit „Was kostet die Tonne Dampf bei industrieller Eigenherzeugung“, J. Koch mit „Rohrverlegung im Fernheiznetz unter besonderer Berücksichtigung der kanalfreien Verlegung“ und E. Henselmann mit „Wärmemengenmessung“.

Ein öffentlicher Vortrag von G. Wolf verbreitete sich über die „Möglichkeiten und Aufgaben des wissenschaftlichen Filmes“. Halbtägige Besichtigungen führten die Teilnehmer zu Dreyer, Rosenkranz & Droop (Meß-

instrumente), Bahlsen (Keks), Günther Wagner (Tuschen und Blechpackungen), zur Stuhlfabrik Bähre, zu Hanomag (Schlepper), Wohlenberg (Drehbänke), Westinghouse (Bremen), Norddeutsche Portland-Zementfabriken, Eisenwerk Wülfel (Transmission, Getriebe, Ölfeleinrichtungen), Hackethal (Draht, Kabel), Garvens (Waagen) und Continental (Gummi). Am 3. August konnte man dann zwischen 7 ganztägigen Besichtigungsfahrten wählen, die zur Miag, nach Peine und Salzgitter, zum Großkraftwerk Ost-Hannover, zum Wasserwerk Berkhof und der Transpiralfabrik Wolff & Co., Bomlitz, zum Erdölfeld Nienhagen, zum Landesinstitut für Bienenforschung in Celle, zu den Kalibergwerken und zum Volkswagenwerk führten.

K. S c h u l t z e

DK 001 : 06 (43)

### Zweiter Jahresbericht der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.

Die bereits nach dem ersten Weltkrieg gegründete Selbsthilfeorganisation der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft wurde nach dem Zusammenbruch im Januar 1949 durch den Zusammenschluß zahlreicher westdeutscher Universitäten, Akademien, Vereine, Verbände und Gesellschaften wieder gegründet, um die der wissenschaftlichen Forschung in Deutschland durch die gegenwärtige Notlage erwachsene Gefahr völligen Zusammenbruchs abzuwehren. Die von staatlichen und privaten Seiten verfügbaren Mittel werden der Forschung aller Sachgebiete zur Verfügung gestellt. Während 1949/50 1,8 Mio. DM verteilt wurden, konnte die Notgemeinschaft im Berichtjahr 1950/51 8,3 Mio. DM zur Verteilung bringen, und zwar 4,2 Mio. DM aus laufenden Zuschüssen und 4,1 Mio. DM aus ERP-Mitteln. Während die laufenden Zuschüsse der Grundlagenforschung aller Gebiete dienen, sind die ERP-Mittel bestimmungsgemäß für wirtschaftsnahe Forschungsvorgänge zweckgebunden. Bewilligt wurden für die chemische Forschung rund 1,6 Mio. DM, für die Physik 1 Mio. DM, für den Maschinenbau etwa 0,5 Mio. DM, für die Elektrotechnik etwa 0,3 Mio. DM, der Rest für Geologie, Mineralogie, Mathematik, Bauingenieurwesen, Bergbau- und Hüttenwesen, Textilforschung und Forstwissenschaften. Besonders gefördert wurde die Beschaffung ausländischen wissenschaftlichen Schrifttums; die Notgemeinschaft will dafür sorgen, daß jede ausländische wissenschaftliche Zeitschrift wenigstens in einem Exemplar nach Deutschland kommt. Auch hiermit soll der Anschluß der deutschen an die wissenschaftliche Forschung des Auslandes erreicht werden. Die Herausgabe einer Bibliographie „Deutsche wissenschaftliche Bücher 1945 bis 1949“ wurde von der Notgemeinschaft unterstützt.

Besonders gefördert wurden Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen mechanischen Eigenschaften und Molekularstruktur, das Studium von Verbrennungsvorgängen in Wärmekraftmaschinen, die Verwendung von Ultraschall für Textilveredlung, die Radioastronomie im Gebiet der Meterwellen als Bestandteile der Sonnen- und Ionosphärenforschung, die Sekundärelektronen-Photometrie für die Astrophysik, Forschungen auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie, die Entwicklung programmgesteuerter Rechenmaschinen, Forschungen auf dem Gebiet der hochpolymeren Stoffe u. a. Teilweise wurden im Ausland entwickelte Geräte und Einrichtungen für die deutsche Forschung beschafft. Unterstützung erfuhr auch die Forschung der Röntgenkinematographie, die medizinische Anwendung schneller Elektronen, die Untersuchungen mit dem Elektroencephalographen und die Elektrochemie. Nur hingewiesen sei auf die volkswirtschaftlich sehr bedeutende Förderung der Medizin, Botanik, Zoologie und der anderen Fachgebiete.

DK 621.3 (083.7)

**Neue Elektronormen.** [Nach Elektronorm 5 (1951) Heft 3 und 4, Ausgaben Mai-Juni 1951; 14 S. und Juli-August; 32 S.]

Nach Heft 3 der „Elektronorm“ ist innerhalb des Fachnormenausschusses Elektrotechnik ein neuer Ausschuß für Turbogeneratoren gebildet worden, der einheitliche deutsche technische Liefervorschriften für luft- und wassergekühlte Turbogeneratoren mit 3000 U/min für 50 Hz mit Leistungen über 2,5 MVA normen und zu entsprechenden IEC-Vorschriften Stellung nehmen soll. Auch wird über die Neuaufnahme der Normung galvanischer Elemente und Batterien berichtet und der Sitzungsverlauf der Ausschüsse Frei-

leitungsbau und elektrische Vollbahnfahrzeuge beschrieben.

Einer Liste neuer und zurückgezogener elektrotechnischer Normen folgt der Abdruck neuer Normenentwürfe folgender elektrotechnischer Teilgebiete:

Die Reihe der Schichtwiderstände wird ergänzt durch Typen mit einer Nennlast von 0,05 und 0,1 W (Entwurf DIN 41398 und DIN 41399). — Der Entwurf über Fahrdrähte (DIN 43141) zeigt eine Erweiterung der bestehenden Normen um Breittrillendrähte, die eine entsprechende Erweiterung der Normen für Fahrdrähtklemmen, für Rillen-Fahrdrähte und Breittrillen-Fahrdrähte (Entwurf DIN 43142), für Rund-Fahrdrähte (Entwurf DIN 43143) und für Drehbohrer (Entwurf DIN 43144) nach sich gezogen hat. — Die bestehende Norm über die Plattformhöhen und -breiten von Elektrokarren (Entwurf DIN 43551) ist um die Niederplattform- und Hub-Elektrokarren und um Lastklassen ergänzt worden. Die bestehende Norm über Lieferrollen für blanke und isolierte Drähte (Entwurf DIN 46390) hat eine Änderung der Stufen und Zuordnung der Drahtdurchmesser gefunden. — Der schon früher angekündigte neue Normenentwurf über Käbrotrommeln (DIN 46391) sieht 20 Trommeltypen vor. — Der Heft 2 veröffentlichte Entwurf über Lichtwurf-Kleinlampen mit 1 Leuchtkörper (DIN 49844 Bl. 1) wird ergänzt durch den Entwurf über die gleichen Kleinlampen mit 2 Leuchtkörpern (DIN 49844 Bl. 2). — Die Reihe der Bleibatterien für Kraftfahrzeuge (DIN 72311 Bl. 1 uff.) wird ergänzt durch eine Batterie für Langeinbau (Entwurf DIN 72311 Bl. 5).

Für die Hersteller und Verbraucher elektrotechnischer Erzeugnisse werden aus Heft 4 der „Elektronorm“ neue Hinweisen auf den Abschluß der Norm über Geschirre für Elektroherde und einer Umfrage wegen der Neufassung der Normen über Lehrringe und Lehrdorne für Gewinde als Schutzgläsern und -kappen (DIN 40 451 Blatt 1 und 2) von besonderem Interesse die Berichte über die Gesichtspunkte und das Ergebnis der Neufassung und Erweiterung der Normen für Freileitungs-Holzäste, Schaltzeichen, Schaltarten sowie Kastengeräte und Meßgeräte für die Nachmontage-technik (Entwürfe siehe unten) sein.

Einer Aufstellung über Ausgaben neuer und Folgeausgaben bestehender Normen und über nicht mehr benötigte und daher zurückgezogene Normen folgen im Wortlaut 14 Entwürfe, die nachstehend kurz beschrieben werden und zu denen der FNE Änderungs- und Ergänzungswünsche bis zum 31. Oktober 1951 erbittet.

Die vorgesehene neue Norm über Holzäste (Entwurf DIN 48 350) sieht grundsätzlich eine Umstellung der Festlegungen vom Zopf- auf das Fußmaß vor. — Die vorgeschlagenen neuen Schaltzeichen für Schaltgeräte (Entwurf DIN 40 713) streben unter Berücksichtigung internationaler Normen (IEC-Empfehlungen) ein Angleichen der stark und fernmeldetechnischen Schaltzeichen im Hinblick auf eine immer stärker werdende Ineinandergreifen beider Teilgebiete der Elektrotechnik an. — In der neu gefaßten Schaltarten-Norm (Entwurf DIN 40 050) ist der Umfang der einzelnen Schutzarten (gegen Berühren, gegen Eindringen von Wasser und von Fremdkörpern) auch durch entsprechende Prüfverfahren und Prüfgeräte (Entwurf DIN 40 060) genau umrissen worden. Im Zuge dieser Überarbeitung sind auch die Auswahlblätter für die einzelnen Maschinen- und Geräte-Arten (Entwurf DIN 40 050 Auswahlblatt 1 für elektrische Maschinen, Auswahlblatt 2 für Schaltgeräte, Auswahlblatt 3 für Transformatoren und Auswahlblatt 4 für Installationsgeräte) nach einheitlichen Gesichtspunkten gefaßt worden. — In Anlehnung an die bestehenden Festlegungen über Kastengeräte wurde eine neue Norm für Gehäuse und Kästen für Meßgeräte und Meßeinrichtungen (Entwurf DIN 41 610) entworfen und im Zuge dieser Norm die alte über Kastengeräte (Entwurf DIN 41 600 Blatt 1), die Bestimmungen über Kleinmeßgeräte-Gehäuse enthielt, überarbeitet. — Eine seit langem fehlende Norm vereinheitlicht die Abmessungen für Elektrogeschirre, wie hohe und niedrige Koch- und Bratentöpfe, Bratpfannen und Wasserkessel (Entwurf DIN 44 904). — Die bestehende Norm über Herdkochplatten bis 220 mm Durchmesser wird durch Herdkochplatten mit Anschlußschrauben (Entwurf DIN 44 910 Blatt 2) und mit Anschlußblitzen (Entwurf DIN 44 910 Blatt 3) ergänzt werden. — Eine neue Norm über Anker- und Verbotstafeln bei Kreuzung elektrischer Kabel mit Wasserstraßen (Entwurf DIN 40 020) sieht 3 Größen dieser Tafeln vor.

## VERSCHIEDENES

## VDE

## Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

## Bekanntmachungen

## Inkraftsetzung von VDE 0875/11.51

## „Regeln für die Funk-Entstörung von Geräten, Maschinen und Anlagen (ausgenommen Hochfrequenzgeräte)“

Gegen den in der ETZ 71 (1950) S. 601 angekündigten Entwurf für die Neufassung von VDE 0875 und gegen die Termine für den Geltungsbeginn wurden entsprechend geändert. Die so entstandene Fassung von VDE 0875 wurde vom Vorstand des VDE im August 1951 genehmigt und mit Wirkung vom 1. 11. 1951 in Kraft gesetzt. Einführungsaufsatz hierzu siehe ETZ 72 (1951) H. 20, S. 607.

Sonderdrucke der Neufassung VDE 0875/11.51 können vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 111, und Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zum Preise von DM 2.40 bezogen werden.

Der Vorstand des VDE hat ferner die seither geltenden Bestimmungen

VDE 0874/1936 „Leitsätze für Maßnahmen an Maschinen und Geräten zur Verminderung von Rundfunkstörungen“ ab 1. November 1951 und

VDE 0875/VI.41 „Regeln für die Hochfrequenzentstörung von elektrischen Maschinen und Geräten für Nennleistungen bis 500 W“ ab 1. November 1956

für ungültig erklärt.

Die für eine Übergangszeit von 5 Jahren getroffene Regelung ist VDE 0875/11.51 zu entnehmen.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

## Neufassung von VDE 0165

## „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten“

Die VDE-Kommission „Explosionsgefährdete und Sprengstoffbetriebe“ hat einen Entwurf für die Neufassung von VDE 0165 ausgearbeitet. Einführungsaufsatz hierzu siehe ETZ 72 (1951) H. 20, S. 598. Der Entwurf kann vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 111, oder Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zum Preise von DM 3,— bezogen werden.

Es ist beabsichtigt, die Neufassung am 1. 4. 1952 in Kraft treten zu lassen und die bisherige Fassung (VDE 0165/1935) zum gleichen Termin ab für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen den Entwurf, seinen Geltungsbeginn und gegen die geplante Außerkraftsetzung können bis zum 1. Dezember 1951 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Der Kommissionsvorsitzende VDE-Vorschriftenstelle  
Krapp Jacottet

## SITZUNGSKALENDER

berach: ETV Südbaden, Freiburg i. B., Güntertalstr. 19

5. 10. 51: „Der Reihen Kondensator, ein Mittel zur automatischen Spannungsverbesserung“, Dipl.-Ing. Stauch.

essen: ETV Essen, Hochtielhau

11. 51: „Wirkungsweise und Anwendungen magnetischer Verstärker“, Dipl.-Ing. Braun.

amburg: VDE-Bezirk Hansa, Hamburg 1, Gerhart Hauptmann Pl. 48

8. 10. 51: „Der Reihen Kondensator, ein Mittel zur automatischen Spannungsverbesserung“, Dipl.-Ing. Stauch.

3. 10. 51, 17. 15, Ing.-Schule Hamburg, Lübecker Tor 24, Saal 102: „Weiterentwicklung des Dampfpromesses im deutschen Kraftwerksbau“, Dipl.-Ing. Pink.

öln: VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5

6. 10. 51, 17. 30, Haus der Technik, Köln, Ubierring 48: „Die heutigen Schutz- und Überwachungseinrichtungen für Transformatoren“, Obering. Parschallk, Mannheim.

\*) Die Vorschriftenstelle hat mit Brief vom 28. 8. 51 den VDE-Verlag Berlin gebeten, der ETZ-Schriftleitung den Preis mitzuteilen.

Krefeld: VDE-Bezirk Niederrhein, M.-Gladbach, Rubensstr. 37a  
10. 10. 51, 19. 30, Gaststätte Wackers, Breitstraße: „Elektro-Installationen im Blickfeld der Gegenwart, Planung und praktische Durchführung im Wohnungsbau, Gewerbe und Industrie“, G. Mais, Düsseldorf.

München: ETV München, Blumenstr. 8  
25. 10. 51, 17. 30, Vortragssaal 2 d. Dt. Museums: „Trägerfrequenzsysteme im Fernsprechnetz“, Dr. Thierbach, München.

Nürnberg: ETG-Nürnberg, Sandrartstr. 30

23. 10. 51, 19. 30, Vortragssaal im German. Museum: „Der Metallpapier-Kondensator“, Dipl.-Ing. Sträb, Stuttgart.

Stuttgart: ETV Württemberg, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 21

17. 10. 51, 17. 30, Technische Werke, Vortragssaal: „Blitzschutz“, Prof. Dr. Schwenkhagen, Wuppertal.

Ulm: ETV Württemberg, Stuttgart-N., Lautenschlagerstr. 12

19. 10. 51, 17. 00, EW Ulm, Münchener Str. 2: „Das cos-φ-Problem“, Dipl.-Ing. Zimmermann.

Remscheid: Technische Akademie Bergisch-Land, Wuppertal-Vohwinkel

26. 11. bis 30. 11. 51: Kursus „Der Mensch im Betrieb“, Prof. Dr. med. O. Graf.

Sollingen: Technische Akademie Bergisch-Land, Wuppertal-Vohwinkel

26. 11. bis 30. 11. 51: Kursus „Wasserversorgung aus Talsperren“, Prof. Dr. E. Naumann.

Wuppertal: Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel, Rubensstr. 4

5. 11. bis 9. 11. 51: Kursus „Sonderfragen des neuzeitlichen Schaltanlagenbaues“, Dr.-Ing. E. Krohne.

## PERSÖNLICHES

**Hochschulnachrichten.** — Der stellvertretende Generaldirektor und technische Direktor des Nordwestdeutschen Rundfunks, Dr.-Ing. Werner Nestel, wurde zum Honorarprofessor an der Technischen Hochschule Hannover ernannt. of

**50 Jahre Polytechnikum Friedberg/H.** — In diesem Jahre blickt das Polytechnikum in Friedberg/Hessen auf sein 50-jähriges Bestehen zurück. Die Gesellschaft der Absolventen und Förderer des Polytechnikums Friedberg/H. werden dieses Jubiläum vom 27. bis 31. Oktober 1951 feiern. Ehemalige Schüler des Polytechnikums Friedberg/H. werden gebeten, sich bei der Geschäftsstelle Wilhelm-Leuschner-Straße 13 mit Adressenangabe zu melden. of

**Jubiläen.** — Die Beleuchtungszentrale, Stuttgart, Wilhelmsbau wurde am 27. September 1911 von Wilhelm Hartmann gegründet. Diese Firma hat dem elektrischen Licht geholfen, die Stadt Stuttgart zu erobern. Trotz schwerer Kriegsschäden blieb die Firma stets ihrer Devise treu: Licht ist Leben! R

Am 1. Oktober 1951 beging die Elektrotechnische und Metallwarenfabrik Christian Geyer KG., Nürnberg, ihr 40-jähriges Bestehen. Aus diesem Anlaß wurde eine Festschrift herausgegeben, die den oft schweren, aber von Erfolg gekrönten Weg des Unternehmens von der Gründung als Familienbetrieb bis zu seiner heutigen stattlichen Größe schildert. R

Am 11. Oktober bestand die Maschinenfabrik Friedrich Haas, Remscheid-Lennep, 125 Jahre lang. Ursprünglich von Friedrich Haas als Textilmaschinenfabrik gegründet, ist die Firma heute vor allem mit dem Bau von Trocknungsanlagen beschäftigt. of

## Briefe an die Schriftleitung

(Eingehende Briefe werden nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit abgedruckt.)

DK 621.317.7.018.3

## Ein neues Meßgerät für Netzoberwellen

Im obengenannten Aufsatz von Wilshaus, ETZ 72 (1951) H. 13, S. 408 heißt es, daß bei der Ausbiegung bestimmter Frequenzen mit Resonanzkreisen die Genauigkeit der Messung wegen des Einflusses benachbarter Frequenzen nicht allzu hoch ist.

Dem ist jedoch folgendes entgegenzuhalten:

Bei der Ausbiegung mittels eines Saugkreises und eines Sperrkreises, die jeder für sich auf die Frequenz der zu messenden Oberwelle abgestimmt sind, erreicht man neben einer weitgehenden Unempfindlichkeit der Messung gegen

<sup>1</sup> H. Anschütz: Messungen in Stromrichteranlagen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 60 (1942) S. 349.



Frequenzschwankungen, daß ein Einfluß der Grundwelle und selbst unmittelbar benachbarter Oberwellen praktisch nicht mehr vorhanden ist und damit jede Korrektur der Messung entfällt. Würde beispielsweise der in Starkstromnetzen ganz außergewöhnliche Fall vorliegen, daß in der Netzspannung eine 11. Harmonische von 10% und gleichzeitig eine 13. Harmonische von nur 1% der Grundwellenspannung enthalten ist, so wird die Messung der 13. Harmonischen durch die unmittelbar benachbarte 10 mal größere 11. Harmonische um weniger als 0,05% (bezogen auf die Grundwellenspannung) beeinflusst; d. h. statt 1 V wird 1,05 V bei der Messung der 13. Harmonischen angezeigt, wenn das Oberwellenmeßgerät an 100 V Meßwandlerspannung angeschlossen ist. Der außerordentlich geringe Fremdwelleneinfluß wird bei den Oberwellenmeßgeräten der genannten Bauart z. T. auch dadurch erzielt, da anstelle eines Effektivwertmessers ein Gleichrichtergerät zur Oberwellenanzeige verwendet wird.<sup>1</sup>

W. Grunert

#### Erwiderung

Es ist bekannt, daß die Genauigkeit und Selektivität von Oberwellen-Meßkreisen mit Resonanzschaltung in hohem Maße von deren Dämpfung abhängt. Da ich nicht nachprüfen kann, wie weit es Herrn Grunert gelungen ist, diese Schwierigkeiten zu beheben, muß ich darauf verzichten, zu seinen Bemerkungen Stellung zu nehmen.

W. Wils haus

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 51 : 62 (022.4)

**Mathematical Engineering Analysis.** Von R. Oldenburger. Mit 426 S., 220 B., Format 16×24 cm. The Macmillan Company, New York 1950. Preis Glw. 6,— \$.

Die Aufgabe, physikalische Vorgänge durch mathematische Beziehungen zu beschreiben, ist eine der fundamentalen der Naturforschung. Die Erkenntnis der Bedeutung dieser Aufgabe auch für die industrielle Forschung und der Umstand, daß das Problem der Ingenieurbildung gerade in diesem Punkt der Förderung bedarf, haben den Verfasser bewogen, am Illinois Institute of Technology gehaltene Vorlesungen in Buchform einem größeren Kreis von Ingenieuren zugänglich zu machen. Den Stoff hat er dabei nach physikalischen Gesichtspunkten gegliedert: Mechanik fester Körper, Elektrizität und Magnetismus, Thermodynamik, Elastizitätstheorie, Hydro- und Aeromechanik. An den Anfang eines jeden Kapitels hat er einige wenige allgemeine Prinzipien gestellt, aus denen der Aufbau des ganzen Gebietes in systematischer Weise gewonnen wird.

Das Buch will und kann nicht als Einführung in die Ingenieurmathematik gelten; es setzt beim Leser eine gewisse Vertrautheit mit den Elementen der Analysis und der Vektorrechnung voraus. Sein Schwerpunkt liegt in der verbindenden Darstellung der Zusammenhänge zwischen Ingenieurphysik und Mathematik. Zahlreiche Figuren und Photographien sollen deutlich vor Augen führen, welche bedeutende Rolle den Methoden der mathematischen Physik im technischen Schaffen zufällt. Der Verfasser berührt u. a. selbst so aktuelle Dinge wie die Gasturbine und Rakete.

Jeder Studierende der höheren Semester sowie jeder in der Forschung stehende Ingenieur wird bei der Lektüre des Buches mancherlei wertvolle Anregung erhalten und dabei den Wert mathematischer Bildung schätzen lernen.

W. Quade

DK 518.5/6 : 681.14 (023.4)

**Untersuchungen über die Fouriersynthese der Ladungsverteilung in Kristallen.** Bd. II: Phasenfaktorentafel zur kristallographischen zweidimensionalen Fouriersynthese in Punkten eines Achtundvierzigstel-Netzes. Von Dr.-Ing. W. de Beaclair und Dr. U. Sinogowitz. Mit 91 Taf. der Funktion  $\cos 2\pi hx \cos 2\pi ky$ , Erläuterungen und Rechenanweisung, in Querformat 43×30 cm. Akademie-Verlag, Berlin 1949.

Als Ergänzung zu dem bereits besprochenen Band I<sup>2</sup>: Verfahren und Geräte zur mehrdimensionalen Fouriersynthese enthält dieser Band Rechentafeln zur numerischen Durchführung einer zweidimensionalen Synthese. Im Hinblick

<sup>1</sup> W. Grunert u. E. Hueter: Beitrag zur Messung mehrwelliger Ströme mittels Gleichrichtergeräten. ETZ 61 (1940) S. 11.

<sup>2</sup> ETZ 72 (1951) H. S. S. 160

auf die häufigsten Symmetriearten im Kristallaufbau ist die Berechnung beschränkt auf

$$\sigma(x, y) = \sum_h \sum_k A_{hk} \cos 2\pi hx \cos 2\pi ky.$$

Die Überlagerung kann für jeden Punkt der xy-Ebene erfolgen, dessen Koordinate ganze Vielfache von  $1/24$  der x- und y-Periodenlänge sind. Für jeden solchen Punkt (unter Berücksichtigung der wegen Symmetrie möglichen Einsparungen) ist eine Tafelseite mit Werten  $\cos 2\pi hx \cos 2\pi ky$  vorhanden. Die Ordnungen  $h$  und  $k$  der zweidimensionalen Teilwellen sind bis 20 vorgesehen. Man trägt die aus Messungen bekannten Fourierkoeffizienten  $A_{hk}$  in eines der beigegebenen transparenten Blätter ein, legt es auf die ausgewählte Tafelseite und rechnet alle Produkte beieinander stehender Zahlen (Koeffizienten und cos-Werte) mit einer Rechenmaschine und läßt darin die Produktsumme auflaufen.

H.-J. Dreyer

DK 621.319 : 614.83 (022)

**Raumexplosionen durch statische Elektrizität.** Von Dr. Helmut Freytag. Mit 115 S., 24 Taf., Format DIN A4. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr. 1951. Preis kart. 5,80 DM.

Unter den Zündquellen für Raumexplosionen von Gasen, Dämpfen und Stäuben verdient die statische Elektrizität besonderes Interesse. Der Verfasser hat in diesem Buch die erreichbaren Mitteilungen, wissenschaftliche Arbeiten und Beobachtungen zusammengestellt. Der Inhalt dieses Buches gliedert sich in 5 größere Abschnitte: I. Allgemeines, II. Aufladung bei der Reibung fester Körper, III. Gegenseitige Aufladung bei der Bewegung von Flüssigkeiten gegen feste Körper, IV. Aufladung beim Bewegen von Gasen, V. Atmosphärisch bedingte elektrische Entladungen. Der Schluß bilden Namens- und Sachverzeichnis. Es ist hier ein Wissenswertes und Interessantes zusammengestellt. Zu mangeln wäre nur die Angabe der Leitfähigkeit in  $\Omega$  cm statt reziproken  $\Omega$  cm. Das Buch sollte in keinem Betrieb fehlen. An den Betrieben liegt es, wesentliche Beiträge zur Aufklärung der Explosionsvorgänge zu liefern.

E. Klöpper

DK 621.313.13 : 634.83 (022)

**Geräuscharme Elektromotoren.** Lärmbildung und Lärmseitigkeit bei Elektromotoren. Von Dr.-Ing. Heinz Jordan. Mit 100 S., 21 B., Format 15×21 cm. Verlag W. Greiner, Essen 1950. Preis Hlw. 11,60 DM.

Bei größeren und höher ausgenutzten elektrischen Maschinen, insbesondere bei den am häufigsten gebauten Asynchronmotoren, treten gelegentlich neben anderen Schwierigkeiten vor allem starke Geräusche auf, die zuerst an den Motoren untersucht wurden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse ließen sich nicht auf die vergrößerten Maschinen übertragen, da deren Schallabstrahlung wesentlich größer baulichen Größe zunimmt.

Das Geräusch bedingt keine meßbaren Verluste und allgemein auch keine Gefährdung des mechanischen Baues der Maschine, kann aber, wenn sich auch nur Milliontel der Leistung in Schall umsetzt, von der Lärm bis zur schmerzenden Einwirkung auf das Gehör des Menschen führen. Die Ursachen und die Größe des Geräusches findet man durch die Untersuchung der Wicklungen. Die Eigenart zum Auftreten von Oberfeldern der magnetischen Induktion Anlaß gibt. Diese verursachen ihrerseits Magnetwellen, die über die Zähne die Joche zu schallabstrahlenden Schwingungen anregen. Bei geringer Ordnungszahl mechanischen Kraftwellen und Resonanzlage der Joche die entsprechende Ordnungszahl und bei günstiger Schallabstrahlung kann sich das Geräusch in seiner vollen Höhe entwickeln. Als Gegenmittel kommen Schwingungsverkürzungen, Nutenschragungen und geschlossene Nuten wenig in Betracht, da ihr Einfluß auf den Lärm nur gering ist.

Als wichtig wird dagegen erkannt: richtige Nutenvermeidung der Resonanzlage der Joche für die niedrigen Ordnungszahlen der Kraftwellen von 0 bis 4 und konstruktive Maßnahmen, die bewirken, daß sich die anregenden Kräfte gegenseitig auslöschen (z. B. Staffellauf). Wesentlichste Regel, die erfüllt sein muß, ergibt sich bei Verwendung ganzer Nutenzahlen je Pol sowohl im Läufer als auch im Läufer.

Der Inhalt des Buches umfaßt stichwortartig die Einleitung die elektromagnetische Erzeugung des Schalls, die Maßnahmen zu seiner Verringerung, die Bestimmung der Nutenzahlen, die Vorausberechnung der Haupt-

Kurzschlußläufermotoren und die experimentelle Bestätigung der Theorie. Am Ende werden noch die Verformungen der Blechpakete ausführlich behandelt. Literaturhinweise und ein gutes Stichwortverzeichnis schließen das Werk des Verfassers, dem es gelungen ist, seine reichen Erfahrungen und seine theoretische Arbeit in konzentrierter und praktisch verwertbarer Form mitzuteilen.

Das Buch hat durch den Verlag eine ausgezeichnete Aufmachung erfahren und kann jedem Ingenieur und Studenten, der mit elektrischen Induktionsmaschinen zu tun hat, unbedingt empfohlen werden. W. Nürnberg

DK 621.517.33 (023.3)

**Messung und Berechnung von Widerständen, Induktivitäten und Kapazitäten aller Art.** Von H. Laporte. (Bd. 4 d. Taschenbücher d. prakt. Physik f. Naturwissensch. u. Ingenieure.) Mit 150 S., 180 B., Format 12×17 cm. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1950. Preis kart. DM 8,—.

Der vierte Band der Reihe „Taschenbücher der praktischen Physik für Naturwissenschaftler und Ingenieure“ beginnt mit einer kurzen Übersicht der benötigten Einheiten. Der Beschreibung von Normal- und Präzisionswiderständen, -induktivitäten und -kapazitäten folgen Anleitungen zur Herstellung von Präzisionseinheiten unter Angabe der wichtigsten Formeln und Tabellen. Der Hauptteil des Werkes behandelt die Messung von ohmschen Widerständen sowie ihrer Zeitkonstanten und Induktivitäten, von Induktivitäten und Gegeninduktivitäten, Güte, Verlustzahl und Kapazitäten, Verlustwinkeln und Dielektrizitätskonstanten. Die zahlreichen angegebenen Meßschaltungen werden entsprechend dem taschenbuchartigen Charakter des Bändchens kurz beschrieben. Auf Schaltungsempfindlichkeit, Meßgenauigkeit, Auswahl des Meßinstruments usw. konnte dabei nicht eingegangen werden. Neben Gleichstrom- und Niederfrequenz-Meßverfahren werden besonders Hochfrequenzmessungen berücksichtigt. Zahlreiche Schaltskizzen und Abbildungen ausgeführter Geräte erläutern den Text.

Für die Praxis ist die einheitliche Verwendung von Zahlenwertgleichungen mit ausführlicher und übersichtlicher Angabe der Einheiten wertvoll. Im Literaturverzeichnis beschränkt sich der Verfasser bei Zeitschriften der Nachkriegszeit bewußt fast ausschließlich auf die „Elektrotechnik“. Die Berücksichtigung anderer Zeitschriften würde den Wert des Bändchens sicher erhöhen. Bei einer Neuauflage des ansprechenden Werkes wäre die Beseitigung einiger Druckfehler und Ungenauigkeiten erwünscht (so sind z. B. die absoluten Einheiten am 1. 1. 1948 in Kraft getreten). W. Dietrich

DK 621.398 (022.3)

**Fernbedienungsanlagen im Energieversorgungsbetrieb.** Von N. P. Venzke. Mit 294 S., 145 B., Format 15×21 cm. Verlag W. Girardet, Essen 1950. Preis Glw. DM 17,10, Hlw. DM 16,—.

Die Fernbedienungstechnik wird neuerdings im Buchdriftum wieder berücksichtigt, so daß eine merkliche, seit an dem bestehende Lücke geschlossen wird. Das vorliegende, für den Starkstrom-Betriebsingenieur bestimmte Werk behandelt zusammenfassend die Fernbedienungsanlagen nach dem bis zum Kriegsende erreichten Stand unter Andeutung neuerer Entwicklungen. Betriebliche und wirtschaftliche Fragen werden dabei besonders berücksichtigt.

Nach der Herausstellung der Bedeutung der Fernbedienungsanlagen werden zunächst die Mehrdrahtsteuer- und meldeverfahren beschrieben und einander gegenübergestellt. Es folgen die Wahlverfahren unter eingehender Behandlung der Sicherstellung. Ein besonderer Abschnitt ist den Fernmeßverfahren, soweit sie für die Fernbedienung in Frage kommen, gewidmet. Das nächste Kapitel befaßt sich mit Hilfsleitungen und leitungsgerechter Hochfrequenz als Übertragungsmittel. Der technischen Behandlung der Fernbedienungseinrichtungen folgen wirtschaftliche Untersuchungen über die Auswahl von Steuer- und Meßverfahren sowie der Übertragungswege, die durch zahlreiche Diagramme erläutert werden. Ferner findet man einen Abschnitt über die Betriebseigenschaften der Wählgeräte, Beispiele für ihren Einsatz sowie über Ausrüstung und Aufbau der Überwachungsstellen. Schließlich beschreibt der Verfasser drei ausgeführte Fernbedienungsanlagen: den Sonderfall eines „sprechenden“ Unterwerkes, die Anlagen der elektrifizierten Bahnstrecke Paris—Le Mans und die Unterastverteilung Zschornowitz der Elektrowerke.

Ein sehr ausführliches, nach Jahren geordnetes Schrifttumsverzeichnis bildet den Abschluß des vorzüglich ausgestatteten, sehr klar und übersichtlich geschriebenen Buches, dem weite Verbreitung zu wünschen ist. W. Dietrich

DK 621.396.828 (023.3)

**Handbuch der Funk-Entstörtechnik.** Von J. Reppisch Mit 128 S., 180 B., Format DIN A 5. Verlag L. Ch. Reppisch, Nürnberg 1951. Preis kart. 7,80 DM.

Die spärliche Literatur über das Stoffgebiet „Funk-Entstörungstechnik“ wird durch das „Handbuch der Funk-Entstörtechnik“ wertvoll ergänzt. Der Verfasser beschreibt in systematisch aufgebauten Abschnitten die Ursachen der Funkstörungen und die Mittel zu ihrer Beseitigung. Einen breiten Raum nehmen die ausführliche theoretische Beschreibung der Funkstörungen, ihre mathematische Behandlung und meßtechnische Erfassung ein. Zahlreiche Schaltbilder, Ersatzschaltbilder und Formeln vereinfachen das Studium des Buches. Die großen praktischen Erfahrungen des Verfassers, der an der Entwicklung und Einführung von Meßverfahren für Funkentstörungszwecke mitgewirkt hat, kommen in den Ausführungen zum Ausdruck. Bei der allgemeinen Forderung, nur noch funktörfreie Erzeugnisse auf den Markt zu bringen, sollte das Buch bei keiner Firma, die elektrotechnische Erzeugnisse herstellt und elektrische Anlagen aufstellt, fehlen. Es gehört in alle Entwicklungsbüros für elektrische Erzeugnisse, die Wert darauf legen, funktörfreie Geräte und Anlagen zu liefern. Auch der Funkentstörer, der Störquellen mit Störsuchgeräten aufsuchen und Entstörungsversuche durchführen muß, findet in einem besonderen Abschnitt „Störungssuche und Störsuchgang“ gründliche Anleitung und Anweisungen. Störungen in den Funkempfangsanlagen selbst, die gegenseitige Beeinflussung von Funkempfangsanlagen, von frequenzgleichen (Gleichwellensender) und von frequenzbenachbarten Sendern werden ausführlich behandelt. Das Buch gibt einen breiten Querschnitt durch die gesamte Funkentstörungstechnik.

Der Verfasser baut seine Ausführungen auf einer Grundlage auf, die es nicht nur dem Schwachstrom- und Hochfrequenztechniker sondern auch dem Starkstromtechniker gestattet, sich die für die fabrikatorische und nachträgliche Funkentstörung erforderlichen theoretischen und praktischen Kenntnisse anzueignen. Entsprechend der engen technischen und wirtschaftlichen Verknüpfung von Hochfrequenz und Starkstrom in der Funkentstörungstechnik werden beide Gebiete pragmatisch behandelt; ein wissenschaftlich trockener Ton wird vermieden. Die Angabe sämtlicher VDE-Vorschriften, die bei der Funkentstörung beachtet werden müssen, und ein außergewöhnlich reiches Schrifttumsverzeichnis über Funkstörungen und Funkentstörungstechnik machen das Buch besonders wertvoll.

F. Carqué

DK 621.396.828 (023.2)

**Rundfunk ohne Störungen.** Die Entstehung, Ausbreitung und Beseitigung von Empfangsbeeinflussungen. Von H. G. Engel und K. Winter. 4., umgearb. u. erg. Aufl. Mit 192 S., 138 B., Format 15,5×23 cm. Berliner Union, Stuttgart 1951. Preis kart. 7,50 DM.

Die vierte Auflage des bereits 1934 erschienenen bekannten Buches „Rundfunk ohne Störungen“ liegt nun vor. Verlag und Verfasser hatten damals den Mut, für dieses abseitige Arbeitsgebiet erhebliche Mittel für die Ausstattung des Buches aufzuwenden, so daß das Werk mit Recht eine große Verbreitung fand. Die Neuauflage basiert fast völlig auf dem früheren Bildmaterial, textlich ist allerdings viel ergänzt. Für eine weitere Ausgabe möchte man erhebliche Striche in Text und Bildwerk empfehlen und eine Anpassung an die in der Zwischenzeit wesentlich geänderte Entstörungspraxis. Der Kreis der Amateurstörer, für den viele Buchseiten bestimmt sind, existiert heute nicht mehr. Erfreulicherweise wird man auch an Einrichtungen erinnert, wie z. B. die Hf-Verdrosselung der Netzleitung der Empfänger, die heute auch aus dem teuersten Allstromgerät zum Nachteil der Rundfunkhörer verschwunden sind.

Die Lücken auf dem Büchermarkt sind auf diesem Arbeitsgebiet so groß, daß das Buch auch in der vorliegenden Form sehr nützlich sein wird, zumal dann, wenn es Starkstromtechnikern, die rundfunktechnische Fragen nicht bis in die Einzelheiten beherrschen, als Einführung in das schwierige Arbeitsgebiet dient. H. Bette

DK 621.385.832 (023.2)

**Hilfsbuch für Kathodenstrahl-Oszillographie.** Von Heinz Richter. Mit 200 S., 255 B., 12 Taf., Format DIN A 5. Franz-Verlag, München 1950. Preis kart. DM 12,—, Hlw. DM 13,80.

Richters Hilfsbuch führt in die Technik der Kathodenstrahl-Oszillographie mit handelsüblichen Glühkathoden-Geräten ein und will vor allen Dingen den Bedürfnissen des Radiotechnikers gerecht werden. Das Buch verzichtet auf jede Theorie — der Physik und Technik der Braunschweiger Röhre sind knappe 5 Seiten gewidmet — bringt dafür aber umso mehr Hinweise praktischer Art, die bei den verschiedenen Messungen nützlich sein können. Die handelsüblichen Kathodenstrahl-Geräte sind ausführlich beschrieben. Auch wird eine bewährte Anleitung zum Selbstbau eines Oszillographengerätes gebracht. Allen, die sich mit der Kathodenstrahl-Oszillographie für Meßzwecke befassen wollen, ohne auf tiefere Probleme einzugehen, kann das Buch als praktisches Hilfsmittel empfohlen werden. H. Vatter

DK 621.35 (022.3)

**Elektrochemisches Praktikum.** Von Dr. Dr.-Ing. e. h. Erich Müller; 8. Aufl. Mit 336 u. XV. S., 192 B., Format 16×23 cm. Verlag von Theodor Steinkopf, Dresden und Leipzig 1950. Preis Hlw. DM 14,—.

Das Elektrochemische Praktikum von Erich Müller ist im Jahre 1912 erstmalig erschienen. Nach dem Tode von E. Müller hat sein langjähriger Assistent H. Reuther die vorliegende 8. Auflage bearbeitet.

Das Buch ist als ein Vorschriftenbuch für das Elektrochemische Praktikum gedacht. Der Hauptwert ist auf eine genaue Beschreibung der Durchführung der einzelnen Versuche gelegt, so daß man wirklich ohne besondere Vorbereitung danach arbeiten kann. Es finden sich dabei eine ganze Reihe von Kniffen, die nicht allgemein bekannt sind. Zwischendurch finden sich, wie es bei einem solchen Buch üblich ist, kurze theoretische Abschnitte.

Die Versuche betreffen: die grundlegenden Gesetze (Ohmsches Gesetz und Polarisationsspannung; Faradaysches Gesetz; Leitfähigkeit der Elektrolyte; konduktometrische Maßanalyse; elektromotorische Kräfte); galvanische Elemente; Abscheidung der Metalle aus ihren Salzlösungen; Herstellung wichtiger Präparate; schmelzflüssige Elektrolyse; elektrothermische Prozesse.

Bei der neuen Auflage hat der Bearbeiter die neuere Elektrolyththeorie eingearbeitet, wobei er sich allerdings ganz auf das Grundlegende beschränkt und mathematische Ableitungen kaum gebracht hat. Auch die  $p_H$ -Messung wird in dieser Auflage behandelt, zwei Versuche über Überspannung wurden eingefügt, die elektrolytische Leichtmetalloxydation wird in einem Versuch behandelt. Nicht berücksichtigt ist auch in dieser Auflage die polarographische Analyse.

Mit dem vorliegenden Werk liegt zweifelsohne ein gutes Buch für ein Elektrochemisches Praktikum vor. Ein Praktikant wird nach diesem Buch sich solide Grundlagen erwerben können. Allerdings fehlt zu einer völligen Beherrschung der modernen Elektrochemie, wie sie z. B. kürzlich in einer Tagung der Bunsengesellschaft behandelt worden ist, noch außerordentlich viel, aber dieses würde wohl auch über den Zweck eines solchen Praktikum-Buches hinausgehen. Wünschenswert wäre, daß gewissermaßen als Fortsetzung dieses Buches ein 2. Teil für Fortgeschrittene erschiene, in dem dann die modernen Arbeitsmethoden auf den verschiedensten Gebieten in ähnlicher Weise behandelt würden. Ein solches Buch wäre um so mehr erwünscht, als leider in Deutschland die Elektrochemie nicht mehr in dem Maße gepflegt wird, wie sie es eigentlich verdient.

W. Klemm

DK 621.892 : 621.57 (023.3)

**Kältemaschinenöle.** Von Dr. rer. nat. Heinz Steinle. Mit 146 S., 60 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis kart. DM 12,—.

Das Buch des in Fachkreisen durch seine Arbeiten über das chemisch-physikalische Verhalten von Kältemaschinenölen gut bekannten Fachmannes gibt eine ausgezeichnete Gesamtübersicht über die hier vorliegenden Probleme. Ein Teil ihrer Lösungen wurde vom Verfasser selbst gegeben. In knapper Form ist einerseits alles Wissenswerte für den Chemiker oder Physiker, der sich mit der Prüfung oder Entwicklung von Kältemaschinenölen befaßt, zusammengestellt, wobei auch die im allgemeinen nur schwer zugänglichen amerikanischen Arbeiten berücksichtigt werden, und ander-

seits werden dem Konstrukteur von Kältemaschinen alle Fragen zum Bewußtsein gebracht, die durch das Schmieröl aufgeworfen werden und die wegen der Möglichkeit des Zusammenwirkens des Oles mit den Kältemitteln vielseitiger sind als sonst im Maschinenbau. Die Schmierungsfrage stellt eine der Schwierigkeiten des Kältemaschinenbaues dar. Auf die eigentliche Schmiertechnik geht dabei das Buch praktisch nicht ein.

Die einzelnen Abschnitte behandeln nach einer einführenden Beschreibung der verschiedenen Mineralölsorten und ihrer Aufbereitungsverfahren die Bestimmungsmethoden der Kenndaten und Verunreinigungen der Öle — diese werden relativ breit erörtert —, das Kälteverhalten der Öle (Zähigkeit und Stockpunkt) — die Löslichkeitszusammenhänge zwischen Schmieröl und Kältemitteln und chemische Reaktionen zwischen beiden, das Verhalten der Öle in der Kältemaschine, also insbesondere Korrosionsfragen — wobei auch die elektrischen Isolationen der Elektromotoren bei gekapselten Maschinen erwähnt werden und schließlich die im Hinblick auf die Ölbeständigkeit in der Maschine notwendige Vorbehandlung der Kältemaschinen. Auf die praktische Durchführung etwa des Trocknens bei der Serienherstellung von Maschinen wird bei diesem letzten Punkt allerdings nicht eingegangen. Den Abschluß bilden eine Zusammenstellung der Anforderungen, die an Kältemaschinenöle bei den verschiedenen Kältemitteln zu stellen sind und ein umfangreiches Literaturverzeichnis.

Der besondere Wert des Buches dürfte in der gut gelungenen knappen Darstellung des Stoffes liegen, die jeweils das Wesentliche trifft. Man wird das Buch wirklich von Anfang bis zu Ende durchlesen, was bekanntlich bei vielen weitschweifigen Abhandlungen unserer Tage nicht zutrifft.

W. Linke

## Eingänge

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten.)

**Das kleine Lexikon der Technik.** Von Prof. Dr.-Ing. Franz Kolmann. Mit 689 S., zahlr. B. u. Taf., Format 13×20 cm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1950. Preis Glw. 12,— DM.

**Lexikon der Elektrotechnik.** Von Prof. Dr. techn. Günther Oberdorfer. Mit 488 S., 371 B., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis geb. 20,— DM.

**Kurze Zusammenfassung der Elektrizitätslehre.** Eine Einführung in rationalisierten Giorgischen Maßsystems. Von P. Corneliussen. M 89 u. VIII S., 111 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis brosch. 10,— DM.

**On the Mathematical Analysis of an Idealized Multiplex Electromagnetic Machine.** Von Konstantin Dahr. Transactions of Chalmers University of Technology, Nr. 412. Mit 416 S., 8 B., Format 17×25 cm. Gumperts Förlag, Göteborg 1951. Preis kart. 17,— skr.

**Electric Transmission Lines. Distributed Constants. Theory and Applications.** I. d. Rh.: McGraw-Hill Electrical and Electronic Engineering Series. Von Prof. H. H. Skilling. Mit 438 S., zahlr. B. u. Taf., Format 15×24 cm. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London 1951. Preis Glw. 6,50 \$.

**Hilfsbuch für die Funktechnik.** Von Dipl.-Ing. Helmuth Pitsch. M 349 S., 345 B., 60 Taf., Format 17×24 cm. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig 1951. Preis geb. 29,— DM.

**Die deutsche Elektro-Industrie.** Nachschlagewerk u. Bezugsquellenverzeichnis. Herausgeg. u. bearb. v. Zentralverband d. Elektrotechn. Industrie e. V. Frankfurt a. M. Mit 964 S., Format 21,5×30 cm. Elek. Verlag W. Sachon KG., Mindelheim 1951. Preis geb. 65,— DM.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. Hans Gemperle, Wien-Perchtoldsdorf, Dr. Ottoker-Kriststock-Gasse 11

Dipl.-Ing. Karl Krapp, Badische Anilin- & Soda-Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein

Wilhelm Mennerich, Heidenheim/Mergelstetten, Hauffstr. 2  
Prof. Dr. R. W. Pohl, Phys. Institut der Universität, Göttingen, Bunsenstr. 9

Hermann Ramert, Osram GmbH., Berlin NW. 87, Helmholtzstr. 4  
Dr. K. von Sanden, Erlangen, Am Röthelheim 11

Dr. F. Stöckmann, Phys. Institut der Universität, Göttingen, Bunsenstr. 9

Ing. Hans Thorey, Göppingen, Quäkerstr. 4

Diesem Heft liegt ein Prospekt „OI-Flachkabel bis 150 kV“ der Firma Kabelwerk Duisburg bei.

Abschluß des Heftes: 2. Oktober 1951.

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jacottet. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 1144. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 46. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33.

Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben.

Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr).

Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

## Konstantstrom-, Verstärker- und Regelmotoren für Gleichstrom (Metadyne, Amplidyne, Rototrol)

Von E. Kübler, Braunschweig

DK 621.313.226

**Übersicht.** Die Technik der Konstantstrom-, Verstärker- und Regelmotoren für Gleichstrom, vorzugsweise in Italien und den USA entwickelt, ist dem deutschen Elektrotechniker ein wenig fremd geblieben. Im folgenden wird die Wirkungsweise dieser Maschinen möglichst einfach erörtert.

### Die Konstantstrommaschinen

Die Konstantstrommaschinen der Gleichstromtechnik unterscheiden sich von den Stromtransformatoren der Wechselstromtechnik durch den Gegensatz zu den Spannungstransformatoren. Der Strom der Arbeitswicklung liegt fest und ihre Spannung stellt sich dem Belastungswiderstand frei veränderlich ein. Es ist wichtig, auf diese Parallele zu achten.

Bei einer gewöhnlichen Gleichstrommaschine unterscheidet man zwei magnetische Hauptachsen: Die Längsachse (in den Abbildungen vertikal), d. h. die Achse der Erregerwicklung und der Hauptpole, und die Querachse (horizontal), d. h. die Achse der Ankerwicklung, die Bürstenachse.

Bei den zu besprechenden Zwischenbürstenmaschinen ist jeder dem Bürstenpaar in der Querachse senkrecht dazu in der Längsachse noch ein zweites Bürstenpaar aufgebracht, die Längsbürsten. Durch die Längsbürsten wird die Ankerlängswicklung mit linker und rechter Spulenseite geteilt, durch die Querbürsten die Ankerquerwicklung mit oberer und unterer Spulenseite.

Bei den Zwischenbürstenmaschinen ist ferner jeder Hauptpol in zwei gleiche Teilpole aufgelöst. Eine zweipolige Gesamtanordnung hat also äußerlich ein vierpoliges Magnetfeld, in dem sich ein zweipolig gewickelter Anker befindet. — Im allgemeinen Fall sind auf dem Magnetsystem eine oder mehrere Wicklungen angeordnet, jede bestehend aus einer oder mehreren Polspulen so geschaltet, daß sie entweder in Längs- oder in Querrichtung magnetisieren. In den Abbildungen sind diese Wicklungen durch je eine einzige Spule in Längs- oder in Querrichtung dargestellt.

Solange in der Maschine keine magnetischen Sättigungen auftreten, dürfen die von der Längswicklungsgruppe (Ankerlängswicklung) und von der Querwicklungsgruppe (Ankerquerwicklung) resultierenden Induktionsflüsse unabhängig voneinander betrachtet werden. Die Längswicklungsgruppe hat resultierend den Induktionsfluß  $\Phi_l$ , die Querwicklungsgruppe resultierend den Induktionsfluß  $\Phi_q$  zur Folge.

In bekannter Weise rührt die rotatorisch induzierte Spannung der Ankerquerwicklung nur vom Induktionsfluß  $\Phi_q$  auf ihrer Bürstenachse her, vom Längsfluß  $\Phi_l$ . Ebenfalls wird die Spannung der Ankerlängswicklung rotatorisch induziert vom Querfluß  $\Phi_q$ .

Das Verständnis für die gesamten folgenden Betrachtungen wird sehr erleichtert, wenn wir einen solchen Wicklungsplan der betrachteten Spulen vereinbaren, daß der Stromflusspfeil zugleich die Richtung des Durchflutungsvektors angibt. Durchfließt z. B. die Ankerlängswicklung ein Strom  $I_1$  von oben nach unten, so habe die hierdurch gebildete Induktionsflussrichtung vektoriell denselben Richtungssinn. Die Umformer-Metadyne. — Zuerst wird der Gleichstrom-Konstantstrom-Einankerumformer von Pestarini betrachtet. Der Erfinder hat hierfür das Kurzwort

„Umformer-Metadyne“ geprägt. Die Umformer-Metadyne ist bei Gleichstrom-Schnellbahnen (Londoner U-Bahn) zum verlustarmen automatischen Anfahren und zum Nutzbremzen angewendet worden [1]. Bei dieser Zwischenbürstenmaschine ist das Magnetsystem zunächst unbewickelt (Bild 1), so daß elektromagnetisch grundsätzlich kein Drehmoment ausgeübt werden kann. Die Maschine muß daher ihre Drehzahl durch einen Hilfsmotor erhalten, der nur für die mechanischen Verluste zu bemessen ist. — Die konstante Netzgleichspannung  $U_1$  sei an die vertikale Ankerlängswicklung gelegt, der Belastungszweig sei von der Ankerquerwicklung gespeist.

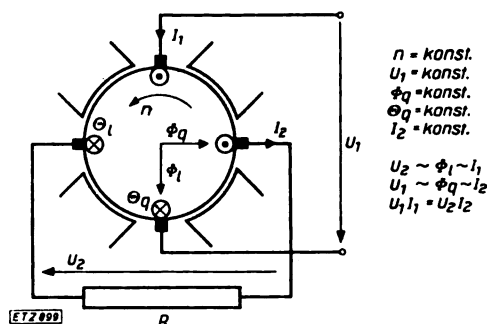


Bild 1. Die Umformer-Metadyne mit unbewickeltem Magnetsystem.

Konstante Netzspannung  $U_1$  an der Ankerlängswicklung bedeutet bei der fremd vorgegebenen Drehzahl  $n$  konstanten Strom der Ankerquerwicklung als Magnetisierungsstrom für  $\Phi_q$  erforderlich. Damit ist der Strom der Querwicklung, d. h. der Strom  $I_2$  des Belastungszweiges, unabhängig von der Größe des Belastungswiderstandes konstant erzwungen. Der Querfluß und damit der Konstantstrom  $I_2$  ändern sich jedoch auf Grund des Induktionsgesetzes im reziproken Verhältnis mit der Drehzahl  $n$ .

Da elektromagnetisch kein Drehmoment ausgeübt werden kann, so wird die Leistung rein elektrisch ohne mechanisches Zwischenglied von der Primär- auf die Sekundärseite übertragen. Die dem Konstantstrom  $I_2$  und dem Belastungswiderstand  $R$  entsprechende Spannung  $U_2$  der Querwicklung bedingt zu ihrer Induktion einen bestimmten Längsfluß  $\Phi_l$ . Für das elektrische Leistungsgleichgewicht gilt:

$$U_2/U_1 = \Phi_l/\Phi_q = I_1/I_2; \text{ oder } U_1 I_1 = U_2 I_2$$

Das Aggregat ist also ein Einankerumformer, der bei Anschluß an konstante Gleichspannung konstanten Strom abgibt, sofern die Drehzahl konstant gehalten wird.

Im Leerlauf bei kurzgeschlossener Querwicklung (Sekundärwicklung) hat man nur den konstanten Querfluß  $\Phi_q$  in der Maschine (Bild 2), der Längsfluß  $\Phi_l$  ist Null, weil  $U_2 = 0$ . Der Querfluß verteilt sich hierbei auf beide Teilpole einer Polteilung. — Bei Vollast mit  $U_2 = U_1$  hat man nur einen Fluß in Diagonalrichtung vom Betrag  $\Phi_l = \Phi_q$ , z. B. vom linken oberen zum rechten unteren

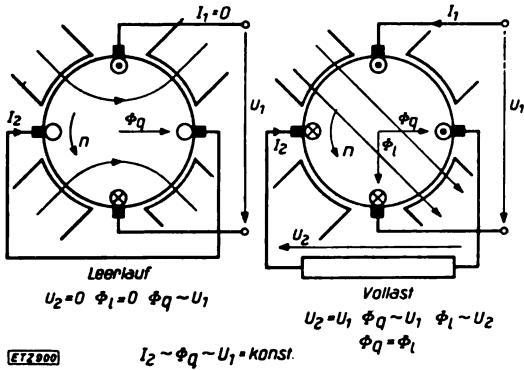


Bild 2. Die Umformer-Metadyne. Feldverteilung bei Leerlauf und Vollast.

Teilpol; die beiden anderen Teilpole sind, abgesehen von einer gewissen Ankerrückwirkung, frei von Induktionsfluß. Die Spannung  $U_1$  liegt in diesem Fall an der Hälfte einer Kommutatorpolteilung.

Unter dem Einfluß der magnetischen Sättigung wird beim Uebergang von Leerlauf auf Vollast der Querstrom nicht genau konstant bleiben, sondern ein wenig ansteigen. Der Ohmsche Spannungsabfall an der Primärwicklung, an der Längswicklung, wirkt sich andererseits in einer Abnahme des induzierenden Querflusses gemäß  $E_1 = (U_1 - rI_1) \sim \Phi_q$  und damit des Querstromes  $I_2$  aus. Im ganzen wird jedoch meist die durch magnetische Sättigung bedingte Stromzunahme überwiegen.

**Wirkungsweise der Variatorwicklung (Bild 3).** — Zur Veränderung des Konstantstromes dient eine fremdgespeiste Querwicklung auf dem Magnetsystem, deren Strom willkürlich geregelt werden kann, die „Variatorwicklung“. Sie hat folgende Wirkung: Der konstante Querfluß erfordert, wie bereits gesagt, eine konstante Magnetisierungs-Quer durchflutung  $\Theta_q$ , die nunmehr aus den Durchflutungen der Ankerquerwicklung und der gleichachsigen Variatorwicklung gebildet wird. Die Durchflutung der Ankerquerwicklung  $\Theta_2$  und damit der Abgabestrom  $I_2$  gehen daher in dem Maße zurück, in dem in der Variatorwicklung im Sinne von  $\Phi_q$  Durchflutung gegeben wird. Gemäß der Beziehung  $\Theta_2 = \Theta_q - \Theta_v$  kann  $\Theta_2$  durch  $\Theta_v$  „variiert“ werden.

Die Variatorwicklung hat eine unliebsame Folge. Das elektrische Leistungsgleichgewicht ist jetzt gestört; die Maschine ist kein reiner Einankerumformer mehr. Dies wird zweckmäßig an einem Zahlenbeispiel erläutert. Durch die Variatorwicklung sei der Konstantstrom  $I_2$  auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes herabgesetzt:  $I_2 = I_{20}/2$ . Damit sind bei vorgegebenem Belastungswiderstand auch die Abgabespannung  $U_2$  auf die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes  $U_2 = U_{20}/2$  und die Abgabeleistung auf ein Viertel zurückgegangen  $N_2 = N_{20}/4$ . Der Längsfluß  $\Phi_1$  und der dafür erforderliche Magnetisierungsstrom  $I_1$  der Längswicklung haben bei  $n = \text{konstant}$ , gemäß  $U_2 = U_{20}/2$ , auf die Hälfte abgenommen, d. h. die Primärleistung  $R_1 I_1$  ist insgesamt auf die Hälfte zurückgegangen. Die primärseitig zugeführte Leistung ist somit größer als die sekundärseitig elektrisch abgegebene Leistung. Der Leistungsüberschuß wird mechanisch an die Hilfs-

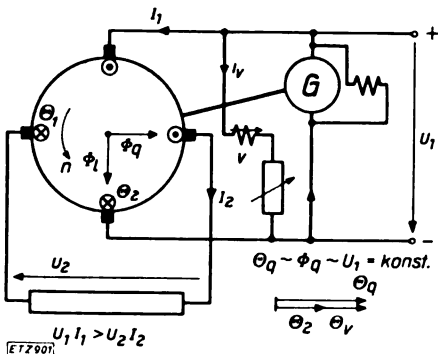


Bild 3. Die Umformer-Metadyne. Wirkungsweise der Variatorwicklung.

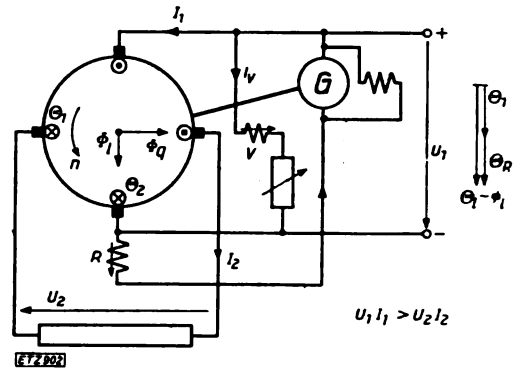


Bild 4. Die Umformer-Metadyne. Wirkungsweise der Regulierwicklung.

maschine abgegeben, die nunmehr generatorisch auf das Netz zurückarbeitet. Der Umformer arbeitet als Gemischtumformer.

**Wirkungsweise der Regulierwicklung (Bild 4).** — Um das elektrische Leistungsgleichgewicht nahezu wiederherzustellen und damit die Bauleistung der Hilfsmaschine klein zu erhalten, hat der Erfinder auf dem Magnetsystem noch eine Längswicklung angeordnet, die „Regulierwicklung“, deren vier Spulen in Reihe mit der selbsterregten Hilfsmaschine so geschaltet sind, daß bei generatorischem Betrieb der Hilfsmaschine die Durchflutung der Regulierwicklung  $R$  in Richtung der Anker-Längsdurchflutung  $\Theta_1$  wirksam ist. Der durch  $U_2 = U_{20}/2$  geforderte Längsfluß  $\Phi_1 = \Phi_{10}/2$  des Beispiels verlangt wieder eine bestimmte Magnetisierungsdurchflutung  $\Theta_{im}$ , die nunmehr aus der Primärdurchflutung  $\Theta_1$  des Ankers und der Durchflutung  $\Theta_2$  der Regulierwicklung gebildet wird:

$$\Theta_{im} = \Theta_1 + \Theta_2 \text{ oder } \Theta_1 = \Theta_{im} - \Theta_2$$

In dem Maße, in dem man mit der Wicklung  $R$  Durchflutung in Richtung von  $\Theta_{im}$  gibt, geht  $\Theta_1$  und damit  $I_1$  zurück, ohne daß sich auf der Sekundärseite etwas ändert. Der Primärstrom vermag so durch  $\Theta_2$  im Sinne einer Annäherung an das elektrische Leistungsgleichgewicht herabgesetzt zu werden. Eine kleine Leistungsunsymmetrie muß aber bestehen bleiben, um überhaupt ein  $\Theta_2$  in der gewünschten längsmagnetisierenden Richtung und Größe zu erhalten.

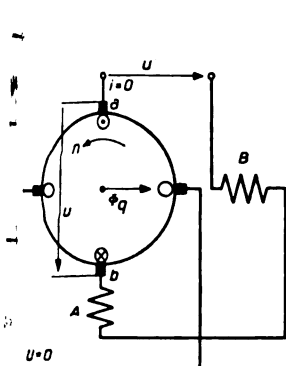
Die Regulierwicklung ist also allgemein mit Rücksicht auf das durch die Variatorwicklung gestörte elektrische Leistungsgleichgewicht notwendig, das sie nahezu selbstregulierend wiederherstellt. — Die Umformer-Metadyne wird in Längs- und Querrichtung mit Wendepolen ausgerüstet, deren Spulen jeweils in Reihe mit der zugehörigen Ankerwicklung geschaltet sind.

Da bei Vollast mit  $U_2 = U_1$ , wie bereits erwähnt, die volle Spannung auf den Kommutatorbereich eines Teilpols, also einer halben Polteilung, entfällt, so ist die Maschine für die Spannung  $2U$  auszulegen. Bezüglich des effektiven Ankerstromes ist zu beachten, daß sich die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  jeweils in zwei Ankerquadranten addieren und in den beiden andern subtrahieren.

Für den Fall, daß die Umformer-Metadyne für die Verhältnisse bei Vollast mit  $I_1 = I_2$  zu bemessen ist, ergibt sich mit der genannten Bedingung der effektive Strom der Ankerwicklung zu  $I/\sqrt{2}$ . Die Bauleistung der Umformer-Metadyne ergibt sich hierfür zu  $N_B = 2\sqrt{2}N_2$ , d. h. zu etwa 280% der Abgabeleistung.

**Die Generator-Metadyne.** — Die Generator-Metadyne wird z. B. bei Haspelantrieben von Kalt-Bandwalzwerken angewendet [2]. Sie ist ein Gleichstrom-Konstantstromgenerator mit Zwischenbürsten (Bild 5, 6 und 7). Jeder Hauptpol ist wieder in zwei gleiche Teilpole aufgelöst, der Kommutator trägt einen Quer- und einen Längsbürstensenkel. Die Ankerlängswicklung ist in Reihe mit einer Längs- und einer Querwicklung des Magnetsystems geschaltet. An dieser Reihenschaltung liegt die konstante Erregerspannung  $u$  (Fremderregung). Der Belastungszweig liegt unmittelbar an der An-





$$\begin{aligned}
 U &= 0 \\
 \Phi_q &= 0 \\
 i &= 0 \\
 u_{ab} &= U \\
 \Phi_q &= 0 \\
 I_0 &= I_q \\
 N &= 0
 \end{aligned}$$

ETZ 907

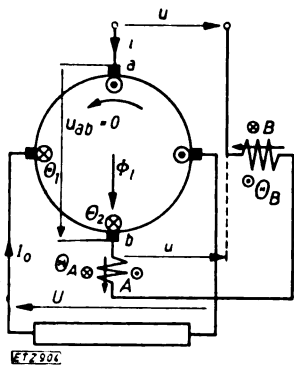


Bild 6. Die Generator-Metadyne bei Vollast.

$$\begin{aligned}
 u_{ab} &= 0 \\
 i &= U/R_{A+B} \\
 \Phi_q &= 0 \\
 \theta_q &= 0 \\
 \theta_2 &= -\theta_B \\
 \Phi_i &= U - i \\
 \theta_1 &= \theta_i \\
 \theta_A &= \theta_1 - \theta_i
 \end{aligned}$$

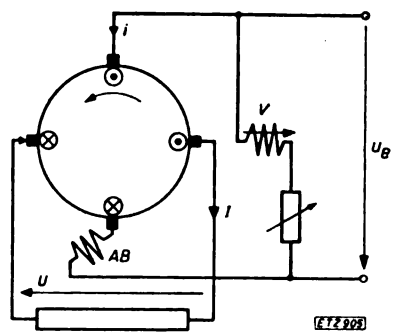


Bild 7. Die Generator-Metadyne. Gesamtschaltung.

Bild 5. Die Generator-Metadyne bei Leerlauf.

Die Ankerquerwicklung. Die Maschine wird als Generator von einer Arbeitsmaschine mit konstanter Drehzahl angetrieben.

Zur Erläuterung der Konstantstromwirkung geht man gewöhnlich vom Leerlauf des Generators aus, also vom ungeschlossenen Belastungszweig  $U = 0$  (Bild 5). Wenn die Spannung  $U$  der Ankerquerwicklung gleich Null ist, so bedeutet dies im theoretischen Grenzfall Ohmscher Widerstand gleich Null, daß der die Wicklung induzierte resultierende Längsfluß  $\Phi_i$  zu Null erzwungen ist.  $\Phi_i = 0$  ist die resultierende Längsmagnetisierung ebenfalls gleich Null, d. h. im theoretischen Leerlauf ist der Erregerstromkreis stromlos ( $i = 0$ ). Bei stromlosem Erregerstromkreis muß aber notwendig die gesamte Erregerspannung  $u$  an der Ankerlängswicklung, also schon den Bürsten  $a$  und  $b$  auftreten ( $u_{ab} = u$ ). Diese Spannung an der Ankerlängswicklung erfordert zu ihrer Induktion einen bestimmten Querfluß  $\Phi_q$  und damit zu dessen Erzeugung eine bestimmte Durchflutung der Ankerquerwicklung. In der kurzgeschlossenen Ankerquerwicklung stellt sich ein ganz bestimmter Strom  $I_0$  ein. Dieser Strom  $I_0$  ist im weiteren Verlauf konstant zu haltende Strom. Deshalb war es notwendig vom Leerlauf auszugehen.

In einem zweiten Belastungsfall (Bild 6) habe Erregerstrom  $i$  eine solche Größe, daß nunmehr die gete Erregerspannung  $u$  als Ohmsche Spannung am Spulenpaar  $A, B$  liegt und dafür jetzt die (rotatorische) Spannung der Ankerlängswicklung Null ist (Ohmscher Widerstand der Ankerlängswicklung zu Null angenommen):

$$i = u/R_{A+B}; \quad u_{ab} = 0$$

Die Spannung der Ankerlängswicklung gleich Null, so ist die induzierende Querfluß  $\Phi_q = 0$ . Soll nun in der Ankerquerwicklung (Arbeitswicklung) trotzdem die geforderte konstantstrom-Durchflutung entsprechend  $I_0$  auftreten, so muß die Spule  $B$  eine kompensierende Durchflutung solcher erhalten, daß der Summenquerfluß  $\Phi_q = 0$  ist. Damit ist die Bemessungsvorschrift für die Querwicklung  $B$  des Magnetsystems bekannt.

Soll ferner bei diesem Belastungsfall beim Strom  $I_0$  eine bestimmte Spannung  $U$  der Arbeitswicklung gefordert sein, gehört hierzu ein bestimmter Längsfluß  $\Phi_i$  und eine bestimmte Längsmagnetisierungs-Durchflutung  $\theta_{im}$ , die aus der Summe der Ankerlängsdurchflutung und der Durchflutung der Arbeitswicklung  $A$  zu bilden ist. Damit ist auch die Bemessungsvorschrift für die Erregerlängswicklung  $A$  gefunden:  $\theta_{im} = \theta_1$ .

Für jeden anderen Zwischenwert des Erregerstromes läßt sich nachweisen, daß bei der beschriebenen Auslegung des Erregerstromkreises die Konstantstrombedingung erfüllt ist, wenn die beiden betrachteten Grenzfälle erfüllt ist. Durch andere Wahl der Spule  $B$  kann die Stromkennlinie  $I = f(U)$  beliebig geneigt werden. Lassen wir die Spule  $B$  ganz entfallen, so ist im zweiten betrachteten Grenzfall ( $i = u/R_A, u_{ab} = 0$ ) der Belastungsstrom  $I = 0$ , die Spannung  $u_{ab} = 0$  nach wie vor der Querfluß  $\Phi_q = 0$  erhalten ist. Andererseits ist aber unter dem Einfluß des Erregerstromes  $\Phi_i$ , herrührend vom Erregerstrom  $i$ , an der Ankerlängswicklung eine bestimmte Klemmenspannung  $U$  vorhanden.

den. — An den Leerlaufverhältnissen dagegen hat sich nichts geändert, hierbei ist, wie beschrieben, bei  $U = 0, I = I_0$ . Damit sind zwei Punkte der Stromkennlinie bekannt. Sie verläuft geradlinig fallend, was für jeden Zwischenpunkt nachgewiesen werden kann.

Bei der praktischen Ausführung können die vom gleichen Erregerstrom durchflossenen Spulenpaare der Wicklungen  $A$  und  $B$  auf jedem Teilpol jeweils zu einer gemeinsamen Spule zusammengefügt werden, so daß im Falle des Konstantstroms  $A$  eine Erregerwicklung entsteht, die „schräg“ zur Längsachse der Maschine magnetisiert (Bild 7). Auch kann eine Variatorwicklung  $V$  in Querrichtung angeordnet werden, die in gleicher Weise wie bei der Umformer-Metadyne wirkt und eine Verlagerung des Konstantstrom-Niveaus gestattet.

Die Gleichstrom-Verstärkermaschinen

Eine Gleichstrom-Verstärkermaschine ist die Kombination von Hilfs- und Haupterregermaschine in einer Einheit. In der Form der Amplidyne wurde sie in den USA bei der GEC aus der Generator-Metadyne entwickelt.

Die Amplidyne. — Bei dieser im magnetisch ungesättigten Bereich arbeitenden Gleichstrommaschine (Bild 8) ist wieder jeder Hauptpol in zwei gleiche Teilpole aufgelöst und der Anker trägt einen Quer- und einen Längsbürstensatz. Die Ankerlängswicklung bildet mit einer gleichachsigen Polwicklung in Reihe geschaltet den Haupterregerkreis. Senkrecht dazu, durch die Querbürsten festgelegt, befindet sich wie bei der normalen Gleichstrommaschine die Arbeitswicklung des Ankers, die auf einen festen Belastungswiderstand geschaltet ist, z. B. auf die Erregerwicklung des Hauptgenerators eines Leonard-Umformers. Die Amperewindungen der Arbeitswicklung sind durch eine Kompensationswicklung  $K$  auf dem Magnetsystem vollkommen auskompensiert. Darüber hinaus sind auf dem Magnetsystem in Querrichtung noch eine oder mehrere Steuerwicklungen  $S$  angeordnet, durch welche nunmehr unabhängig vom Arbeitsstrom ein schwaches magnetisches Feld  $\Phi_q$  in Querrichtung erzeugt wird (Hilfserrregfeld), das in der Ankerlängswicklung die EMK  $E_e$  für den Haupterregerkreis induziert. Diese Erreger-EMK hat den ihr proportionalen Haupterregerstrom  $i_e$  und damit den Längsfluß  $\Phi_i$  zur Folge, der seinerseits im Arbeitskreis die EMK  $E$  und bei festem Belastungswiderstand den zu  $E$  proportionalen Strom  $I$  bedingt. Bei magnetisch ungesättigtem Eisen ist so-

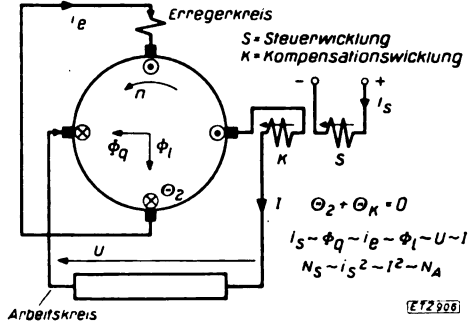


Bild 8. Die Amplidyne.

mit die Leistung  $EI$  im Arbeitskreis proportional dem Quadrat des Steuerstromes  $i_s$ , d. h. proportional der Steuerleistung  $N_s$ . Wir können von einer Verstärkung der Steuerleistung auf die Abgabeleistung mit einem bestimmten Verstärkungsfaktor sprechen:

$$i_s \sim \Phi_q \sim E_e \sim i_e \sim \Phi_l \sim E \sim I \text{ oder } i_s i_s^2 \sim EI$$

Durch Auslegung des Haupterregerkreises für hohen Strom  $I_e$  und niedrige Spannung  $E_e$  kann die Steuerleistung im Verhältnis zur Hauptleistung sehr klein gehalten werden (hoher Verstärkungsfaktor). Der Querfluß  $\Phi_q$  steht nämlich zum Längsfluß  $\Phi_l$  im gleichen Verhältnis wie die EMK des Haupterregerkreises  $E_e$  zur EMK  $E$  im Arbeitskreis, da diese Spannungen in der gemeinsamen Ankerwicklung induziert werden und somit Ankerquer- und Ankerlängswicklung die gleichen Windungszahlen haben:  $E_e/E = \Phi_q/\Phi_l$ . Wird die Erreger-EMK  $E_e$  nur zu wenigen Prozenten der EMK  $E$  der Arbeitswicklung gewählt, so hat der erforderliche Querfluß dieselbe prozentuale Größe zum Längsfluß. Die Amperewindungen der Steuererregung sind dann in größenordnungsmäßig gleichem Verhältnis kleiner als die Haupterreg-Amperewindungen in der Längsachse. Damit ist die Steuerleistung  $N_s$  in einem ähnlichen Verhältnis kleiner als die Haupterregleistung  $N_e$ , die ihrerseits klein gegen die Abgabeleistung  $N$  ist.

Wird z. B. die Erreger-EMK  $E_e$  zu 2,5% von  $E$  und die Haupterregleistung  $N_e = r_e I_e$  zu 2% der Abgabeleistung gewählt, so ergibt sich demnach für die Steuerleistung  $N_s$  die ungefähre Größe:

$$N_s \approx 0,025 N_e \approx 0,0005 N \approx 0,5 \text{ ‰ von } N, \\ \text{Verstärkungsfaktor } N/N_s \approx 2000/1.$$

Im Grenzfall wird man die Längsfeldspule auf den Hauptpolen entfallen lassen und den Haupterregerkreis nur durch die über die Längsbürsten kurzgeschlossene Ankerlängswicklung bilden.

Durch die Wahl der Verhältniswerte  $E_e/E = a$  und  $N_e/N = b$  ist maßgeblich über die hauptsächlichsten Verluste in der Maschine verfügt, so daß man in ihrer Wahl nicht ganz frei ist. Es bestehen die Beziehungen:

$$i_e = E_e/r_e = E_e/r_a \quad (r_a = \text{Widerstand der Ankerlängs- oder -Querwicklung}) \\ I = E/R_A \quad (R_A = \text{Gesamtwiderstand des Arbeitskreises}) \\ N_e/N = i_e E_e/(IE) = (E_e/E)^2 (R_A/r_a)$$

Hieraus

$$r_a = \frac{a^2}{b} R_A$$

Mit obigen Zahlen wird hiernach  $r_a = \frac{0,025^2}{0,02} R_A = 0,031 R_A$ , d. h. Verlustwiderstand der Ankerquerwicklung 3,1%. Ferner ist:

$$i_e = (E_e/E) (R_A/r_a) I = 0,81 I$$

Hiermit sind die Verluste in der Ankerlängswicklung:  $0,81^2 \cdot 3,1 = 2\%$ . Dazu kommen noch die Verluste in der Kompensationswicklung, die in der Größenordnung von denen der Ankerquerwicklung liegen. Damit ist die Abhängigkeit der hauptsächlichsten Verluste in der Amplidyne-Maschine von der Wahl der Verhältniswerte  $a$  und  $b$  dargetan.

Ohne besondere zusätzliche Maßnahmen wird man bei den Amplidyne-Maschinen Verstärkungsfaktoren in der Größenordnung von 2000 erreichen.

In der Regeltechnik kommt die Aufgabe vor, den Regelbereich eines über einen Leonard-Umformer gesteuerten Regelmotors möglichst groß zu machen und zu diesem Zweck die Drehzahl-Kennlinie des Motors in Abhängigkeit vom Belastungsstrom möglichst horizontal verlaufen zu lassen (Bild 9). Diese Aufgabe vermag man in einfacher Weise mit der Amplidyne zu lösen, die die Erregermaschine für den Steuer-

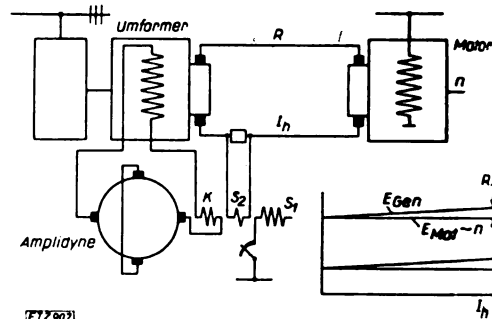


Bild 9. Leonardumformer mit Amplidyne-Steuerung.

generator darstellt. Sie erhält zu diesem Zweck zwei Steuerwicklungen in der Querachse: eine zur willkürlichen Einstellung des Drehzahl-Niveaus im Leerlauf des Regelmotors, die andere, um die natürliche Neigung der Drehzahlkennlinie infolge der Ohmschen Spannung des Hauptkreises aufzuheben. Die zweite Steuerwicklung wird zu diesem Zweck über einen Nebenschlußwiderstand im Hauptkreis gespeist.

### Einstufige Rototrol-Verstärkermaschine

Die einstufige Rototrol-Verstärkermaschine ist eine Gleichstrommaschine normaler Bauart mit zwei Erregerwicklungen, einer fremdgespeisten Steuerwicklung und einer Reihenschlußwicklung (Bild 10a). Der Ankerkreis ist über einen festen Widerstand geschlossen, z. B. über die Erregerwicklung eines Hauptgenerators. Die Steigung der Widerstandsgeraden des Rototrol-Ankerkreises  $r_i = f(i)$  sei ein wenig größer eingestellt als die Steigung der EMK-Kennlinie  $e_1 = f(i)$ , herrührend von der Reihenschlußerregung allein. Steuer- und Reihenschlußerregung magnetisieren in gleicher Richtung.

Bei Steuererregung Null erregt sich die Maschine nicht, da Widerstandsgerade und  $e_1$ -Kennlinie außer im Nullpunkt keinen Schnittpunkt miteinander haben. Bei Einschalten einer kleinen Steuererregung erregt sich die Maschine jedoch auf eine Spannung entsprechend dem Schnittpunkt  $P$  der Summe der EMK-Kennlinie  $e = e_s + e_1 = f(i)$  mit der Widerstandsgeraden. Solange in der Maschine keine magnetischen Sättigungen auftreten, sind Strom  $i$  und Spannung  $e_e$  des Rototrol-Belastungskreises gemäß den geometrischen Verhältnissen des Diagramms (Bild 10b) proportional der von der Steuererregung induzierten Spannung  $e_s$ , bzw. dem Steuererregungsstrom  $i_s$ . Man hat also eine Verstärkermaschine vor sich. Bei fester Steuererregung andererseits wandert der Betriebspunkt  $P$  nach außen, wenn die Widerstandsgerade im Sinne einer Annäherung an die Deckungslage mit dem geradlinigen Teil der  $e_1$ -Kennlinie gedreht wird. Durch Drehung der Widerstandsgeraden mit Hilfe eines Feinwiderstandes im Rototrol-Ankerkreis läßt sich also der Verstärkungsfaktor vergrößern. Bild 10c behandelt diese Verhältnisse in anderer Darstellung nach Art eines Verbundgenerators in Aufverbund-Schaltung, bei der Fremd- und Reihenschlußerregung in gleicher Richtung magnetisieren.

Wichtig ist die Feststellung, daß mit wachsender Annäherung der Widerstandsgeraden an die Deckungslage mit der  $e_1$ -Kennlinie, d. h. mit größer werdendem Verstärkungsfaktor, die Zeitkonstante des Gesamterregungsvorganges größer wird. Diese Zeitkonstante hat die Größe  $T = L/(e_s + e_1)$ , wobei  $L$  die Gesamtinduktivität des Rototrol-Arbeitskreises ist.

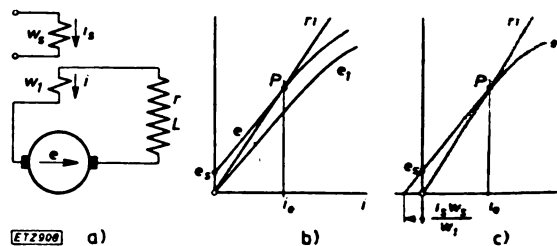


Bild 10. Einstufige Rototrol-Verstärkermaschine.

**Zweistufige Rototrol-Verstärkermaschine**

Die zweistufige Rototrol-Verstärkermaschine, nach M. L. L. Schmitt [3, 5], ist eine vierpolige Gleichstrommaschine normaler Bauart mit Schleifenwicklung im Anker ohne Ausgleichverbindungen. Sie hat mindestens drei Erregerwicklungen, nämlich auf zwei gegenüberliegenden Polen eine fremdgespeiste Steuerwicklung, auf allen vier Polen eine Haupterregwicklung, in besonderer Weise angeschlossen an die Ankerwicklung, und schließlich auf allen vier Polen eine Reihenschlußwicklung. Außerdem sind auf den beiden Polen ohne Steuererregwicklung Spulen zur Kompensation der Ankerdurchflutung, herrührend vom Haupterregstrom, angeordnet. — Zwischen der Widerstandsgeraden und der EMK-Kennlinie des Ankerkreises ist die gleiche Beziehung hergestellt, wie bei der einstufigen Rototrolmaschine. Die Wirkungsweise dieser neuen Maschine beruht darauf, daß mit Hilfe der zweipoligen Steuererregwicklung in der vierpolig gewickelten Ankerwicklung eine Unsymmetriespannung zwischen zwei diametral liegenden Bürsten erzeugt wird, welche als Spannung für die Haupterregwicklung dient.

Durch die Steuererregwicklung der beiden vertikal liegenden Pole von Bild 11a wird ein schwaches für den Anker zweipoliges magnetisches Feld erzeugt. Bei Linkslauf und linksgängiger Ankerwicklung tritt hierdurch zwischen den Bürsten  $B_1$  und  $B_3$  unter den Steuerpolen eine kleine Spannung auf, während die Bürsten  $B_2$  und  $B_4$  äquipotential bleiben (Nullpotential). Dies ergibt sich aus folgender Überlegung: Für die rotatorisch induzierte Spannung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bürsten kommt ein Wicklungsteil in Frage, dessen eine Spulenseite (Oberschicht) unter dem zugehörigen Pol und dessen andere Spulenseite (Unterschicht) unter dem Folgepol liegt, also ein Wicklungsteil, der zu gleichen Teilen unter zwei aufeinanderfolgenden Polen liegt. Infolgedessen ist die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Bürsten induzierte Spannung proportional der Differenz der Induktionsflüsse des zugehörigen und des Folgepoles. Demgemäß ist die Spannung zwischen  $B_1$  und  $B_2$  proportional der Differenz der Steuerflüsse des oberen und linken Poles:  $u_1 \sim (+\Phi_s - 0) \sim +\Phi_s$ . Zwischen  $B_2$  und  $B_3$  ist  $u_2 \sim [0 - (-\Phi_s)] \sim +\Phi_s$ . Zwischen  $B_3$  und  $B_4$  ergibt sich  $u_3 \sim (-\Phi_s)$  und zwischen  $B_4$  und  $B_1$   $u_4 \sim [0 - (+\Phi_s)] \sim -\Phi_s$ . Demnach steigt oder fällt das Potential von  $B_1$  über  $B_2$  nach  $B_3$ , während es von  $B_3$  über  $B_4$  nach  $B_1$  um denselben Betrag fällt oder steigt. Schließt man die vierpolige Haupterregwicklung an die Bürsten  $B_1$  und  $B_3$  an, so wird im Sinne der induzierten EMK Strom im Haupterregkreis fließen, der nach Bild 11b eine horizontal gerichtete Ankerdurchflutung zur Folge hat. Auf Grund der eingangs vereinbarten Zuordnung von Wicklungssinn und Stromrichtung ist danach die Bürste  $B_1$  diejenige, aus welcher der Haupterregstrom austritt, also die positive. Um durch die Ankerdurchflutung, herrührend vom Haupterregstrom, keine weitere Unsymmetriespannung zu erhalten, muß diese Durchflutung durch zwei in Reihe mit der Haupterregwicklung gehaltene Kompensationswicklungen auf den horizontalen Polen kompensiert werden. Durch die vierpolige Haupterregwicklung wird dann die symmetrische vierpolige Ankerspannung induziert: Die Arbeitswicklung wird vierpolig einerseits an die äquipotentiale Bürstenpaar  $B_2, B_4$ , andererseits an die Mitte der Haupterregwicklung (Bild 11a) angeschlossen. Die Reihenschluß-Erregerspulen 3 sind mit ungleichen Windungszahlen auf den beiden Polpaaren auszuführen, da die Haupterregwicklung 2 bereits auch als Reihenschlußwicklung wirksam ist.

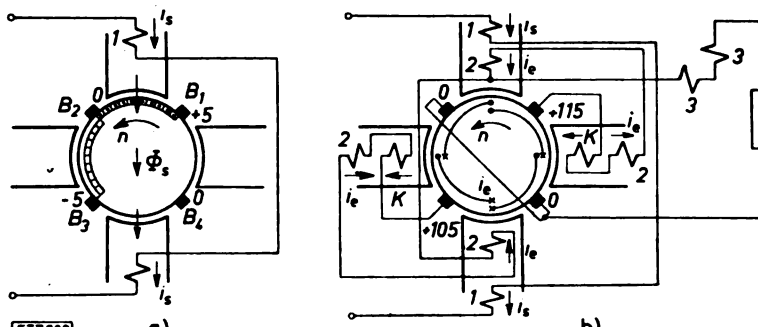
**Die Gleichstrom-Regelmaschine Rototrol**

Die Gleichstrom-Regelmaschine Rototrol stellt die Kombination eines selbsttätig wirkenden Reglers und einer Erregermaschine für einen Hauptgenerator, Gleichstrom- oder Drehstromgenerator, in einer Einheit dar. Sie kann zur selbsttätigen Regelung jeder beliebigen vom Hauptgenerator abgeleiteten Größe (z. B. Strom, Spannung, Leistung oder Drehzahl eines vom Hauptgenerator betriebenen Motors) auf einen Festwert (astatische Regelung) oder auf einen gewollt veränderlichen Wert (statische Regelung) angewendet werden.

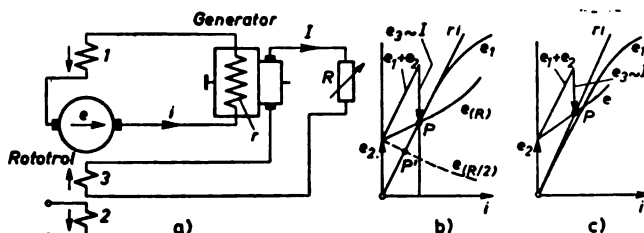
Diese in den USA bei der Westinghouse Comp. entwickelte Regelmaschine [4, 6] ist eine Gleichstrommaschine normaler Bauart. Sie trägt außer einer Reihenschluß-Erregwicklung (1) noch zwei weitere Erregerwicklungen. Eine dieser Zusatzwicklungen (2) wird aus einer Hilfsstromquelle von einem in der Größe auf einen willkürlichen Festwert einstellbaren Strom gespeist, der in Richtung der Reihenschluß-Erregwicklung magnetisiert, die andere (3) wird ihr entgegen von einem der Regelgröße proportionalen Strom durchfließen. Erstere Wicklung sei aus der Reglertechnik als „Sollwertwicklung“, letztere als „Istwertwicklung“ bezeichnet. Regelgröße kann entweder der Strom oder die Spannung oder die Drehzahl oder die Leistung eines vom Hauptgenerator betriebenen Regelmotors sein, oder irgend eine andere vom Hauptgenerator abgeleitete Betriebsgröße. Die Rototrolmaschine muß auf einen festen Belastungswiderstand arbeiten, auf die Erregerwicklung des Hauptgenerators.

Die Rototrolmaschine ist weiter dadurch gekennzeichnet, daß die EMK-Kennlinie ihres Ankerkreises, herrührend von der Reihenschlußerregwicklung allein,  $e_1 = f(i)$ , in ihrem geradlinigen Teil in Deckung oder nahezu in Deckung mit der Widerstandsgeraden des Ankerkreises  $r_1 = f(i)$  sich befindet. Im Deckungsfall ergibt sich eine „astatische“ Regelung der Regelgröße auf einen Festwert, im anderen Fall dagegen eine „statische“ Regelung, wo der Wert der Regelgröße in eine gewollte Abhängigkeit von einer andern Betriebsgröße, z. B. von der Belastung, gebracht ist.

Festwertregelung bei Deckungslage der Widerstandsgeraden: Regelgröße sei in Bild 12 der Abgabestrom  $I$  eines Hauptgenerators, der unabhängig von der Größe des Belastungswiderstandes auf einem Festwert gehalten werden soll. Im einfachsten Fall sei der Strom  $I$  über die Istwertspule  $S_3$  geführt. Die Sollwertspule  $S_2$  sei aus einer Hilfsstromquelle mit konstantem Strom gespeist. Der Erregungsvorgang des Rototrols beginnt unter dem Einfluß der Sollwert-Fremderregwicklung, die hier gewissermaßen die Rolle einer beträchtlichen „remanenten“ Erregwicklung hat. Im Ankerkreis des Rototrols, d. h. in der Erregerwicklung des Hauptgenerators beginnt Strom zu fließen und der Hauptgenerator beginnt Strom abzugeben. Damit erregen sich



1 Steuerwicklung, 2 Haupterregwicklung, 3 Reihenschlußwicklung, K Kompensationswicklung.  
a) Wirkung der Steuererregwicklung allein b) Gesamtschaltung  
Bild 11. Zweistufige Rototrol-Verstärkermaschine



a) Schaltung b) Festwertregelung c) statische Regelung.  
Bild 12. Die Rototrol-Regelmaschine

auch die beiden andern Rototrol-Erregerwicklungen. Die Ankerspannung des Rototrols wird so lange nach dem Selbst-erregungsprinzip steigen, als die Summen-EMK  $e$ , herrührend von seinen drei Erregungen, größer ist als die  $ri$ -Spannung der Widerstandsgeraden. In Bild 12b ist die Kennlinie der Summen-EMK  $e$  in Abhängigkeit vom Rototrolankerstrom  $i$  aufgetragen. Bei jedem Stromwert  $i$  haben wir darnach eine Summen-EMK  $e$  entsprechend der Erregung  $\Theta_2$  der Sollwertspule, der gleichgerichteten Erregung  $\Theta_1$  der Reihenschlußspule und der entgegenwirkenden Erregung  $\Theta_3$  der Istwertspule. Der Schnittpunkt der  $e$ -Kennlinie mit der Widerstandsgeraden ist der Betriebspunkt, auf den das Rototrol sich erregt. Da dieser Betriebspunkt bei der vorausgesetzten Deckungslage der Widerstandsgeraden ein Punkt der  $e_1$ -Kennlinie, herrührend von der Reihenschlußerregung allein, ist, so bedeutet dies, daß die Erregungen der Soll- und Istwertspule zusammen Null, d. h. einander entgegengesetzt gleich sein müssen. Das Aggregat regelt sich also unabhängig vom Belastungswiderstand des Hauptgenerators selbsttätig auf eine solche Stromabgabe  $I$ , bei dem die Durchflutung der Istwertspule eben ins Gleichgewicht zur Durchflutung der Sollwertspule gekommen ist, d. h. auf einen Festwert des Abgabestromes  $I$ .

Stellt man den Strom der Sollwertspule auf einen anderen Wert ein, so ändert sich die Regelgröße so lange im gleichen Sinne bis erneut Gleichgewicht zwischen Ist- und Sollwerterregung besteht. Durch Regeln des Stromes der Sollwertspule vermögen wir somit proportional dazu die Regelgröße zu verändern.

Um das Rototrol kräftig zum Ansprechen zu bringen, muß offenbar der Selbsterregungsvorgang forciert werden, d. h. die Kennlinie der Summen-EMK muß die Widerstandsgerade unter einem möglichst großen Winkel schneiden. Um dies zu erreichen, darf einerseits die Sollwerterregung nicht zu klein gewählt werden und zum andern muß die Widerstandsgerade, bzw. die  $e_1$ -Kennlinie herrührend von der Reihenschlußerregung, möglichst steil ansteigen, d. h. die Maschine ist mit möglichst kleinem Luftspalt auszuführen.

Dreht man die Widerstandsgerade aus der Deckungslage heraus ein wenig nach links, so ergibt sich eine statische Regelung der Regelgröße (Bild 12c). Im vorliegenden Fall tritt dabei mit steigendem Belastungswiderstand ein Abfall des Abgabestromes ein. Man kann dies bei der Betrachtung der Verhältnisse für einen kleinen und großen Belastungswiderstand schnell einsehen. Beim kleineren Belastungswiderstand, bei dem sich das Rototrol auf eine kleinere Spannung er-

regt, ist in Bild 12c die Erregung der Istwertspule größer als beim größeren Belastungswiderstand, d. h. bei Übergang von der kleineren auf die größere Belastung fällt der Abgabestrom um einen gewissen Betrag ab.

Die Rototrolmaschinen erfordern für ihr Magnetsystem ein Spezialeisen, das praktisch keine Remanenz hat, also ein Eisen mit sehr schmaler Hystereseschleife. Dieser Forderung kann heute entsprochen werden. Zur Herstellung der genauen Deckungslage der Widerstandsgeraden mit der  $e$ -Kennlinie, bzw. ihrer Abweichung davon, ist ferner im Ankerkreis des Rototrols ein Abstimmwiderstand erforderlich.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die Rototrolmaschine eine verallgemeinerte Konstantstrommaschine nach Krammer darstellt, deren wesentliche Kennzeichen sie besitzt.

### Zusammenfassung

Die Wirkungsweise der Umformer-Metadyne, eines Umformers für Konstantstromabgabe, und der sie kennzeichnenden Wicklungen wird erläutert. — Aus dem Zusammenwirken der Erregerwicklungen und der Arbeitswicklung wird die Konstantstromwirkung der Generator-Metadyne abgeleitet, sowie die Möglichkeit, mit einer solchen Anordnung eine geradlinig geneigte Stromkennlinie zu erreichen. Bei den Gleichstrom-Verstärkermaschinen, welche die Kombination einer Haupt- und Hilferregermaschine in einer Einheit darstellen, stellt die Amplidyne eine Weiterentwicklung der Generator-Metadyne dar. Bei einer andern Ausführung wird eine Gleichstrommaschine normaler Bauart verwendet, bei der die Steuererregung eine gewollte Unsymmetrie der Ankerwicklung für die Haupterregung bewirkt. — Die Gleichstrom-Regelmaschine Rototrol ist eine Kombination eines selbsttätig wirkenden Reglers und einer Erregermaschine in einer Einheit. Ihre Wirkungsweise ist die Festwert-Regelung oder zur statischen Regelung irgendeiner vom Hauptgenerator abgeleiteten Regelgröße wird beschrieben.

### Schrifttum

- [1] Monath: Die Entwicklung der Gleichstrom-Querfeldmaschine. *Elektrotechn. Ver.* 20 (1942) S. 23.
- [2] Renker: Die Amplidyne, Moderne Querfeldmaschinen. *Elektrotechn. Ver.* 20 (1942) S. 23. Anwendung für industrielle Antriebe. *VDE-Fachber.* 14 (1950) S. 10.
- [3] Saunders: Dynamoelectric Amplifiers. *Electr. Engng.* 65 (1946) S. 118.
- [4] Harris: Industrial Application of Rototrol Regulators. *Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs.* 65 (1946) S. 118.
- [5] Liwischitz: The Multistage Rototrol. *Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs.* 66 (1947) S. 564.
- [6] Tschappu: Der Rototrol, eine neue Gleichstrommaschine. *schweiz. elektrotechn. Ver.* 20 (1951) S. 796.

## Der Funkendurchbruch in Gasen

DK 621.315.01

Im Rahmen einer Aufsatzreihe über den Stromdurchgang durch Gase gibt der Verfasser<sup>1</sup> eine Übersicht über die heutigen Vorstellungen vom Wesen des Gasdurchschlags im gleichförmigen Feld unter besonderer Berücksichtigung der Meßergebnisse in Luft. Bei ausreichender Fremdionisation und Vornahme der Versuche in der trockenen und staubfreien Luft eines abgeschlossenen Prüfgefäßes soll es möglich sein, die Funkenspannung bis auf wenige Volt anzuheben. Um eine merkliche chemische Zersetzung des Versuchsgases zu vermeiden, ist die Stärke des Durchschlagstroms klein zu halten und ein Prüfgefäß von großem Fassungsvermögen zu verwenden. Auch bei Beachtung dieser Vorsichtsmaßregeln steigt die Funkenspannung beim jedesmaligen Durchschlag zunächst leicht an und erreicht erst nach ungefähr 50 Entladungen einen konstanten Endwert, der als die Funkenspannung bezeichnet wird. Vermutlich rührt diese Zunahme der Festigkeit bei wiederholter Beanspruchung vom Wegbrennen feinsten Staubteilchen auf den Elektroden her. Abweichend von der überwiegenden Mehrzahl vorliegender Messungen wird die so gemessene Durchbruchspannung im Plattenfeld bei 1 cm Schlagweite unter Normalbedingungen mit 30,1 und nicht mit dem sonst genannten Wert von 31,6 kV angegeben.

Nach Darstellung des Zündvorgangs bei niederem Druck auf Grund der Townsendtheorie wird auf die umstrittene Annahme einer Stoßionisierung der positiven Ionen und auf

die bei Überspannung kurzen Funkenausbildungszeiten die Haupteinwand gegen ein Ionisierungsvermögen der Ionen hingewiesen. Bei großem Produkt aus Druck und Schlagweite verläuft der Zündvorgang schon bei Überspannung von wenigen Prozenten in solch kurzen Zeiten, daß die positiven Ladungsträger nicht merklich vom Ort ihrer Erzeugung in Richtung zur Kathode der Entladungsstrecke schreiten können. Unter diesen Bedingungen entwickelt sich die Entladung nach dem Leuchtfadenmechanismus als Nebel durchschlag, dessen Theorie von Raether auf Grund seiner Nebelkammerversuche entwickelt und von Meek und Loeb weiter ausgebaut wurde. Danach wird unter dem Einfluß der vom Lawinenkopf ausgehenden gasionisierenden Strahlung die hohe Trägerdichte mit hoher Geschwindigkeit vorwärtsgetragen und bietet damit die Möglichkeit zur Erklärung der bei hoher Überspannung bis unterhalb absinkenden extrem kurzen Durchbruchzeiten. Offenbar ist die Frage nach der Grenze zwischen Townsend- und Meek-entladung. Nach Meek müßte sie bei  $p \cdot d = 200 \text{ Torr} \cdot \text{cm}$  (nach Raether bei 1000 Torr·cm) liegen, doch ergeben Messungen bei wenigen Prozent Überspannung über der Townsend-Durchschlagspannung noch bis herab zu recht hohem Druck kurze Aufbauzeiten des Funkendurchschlags herab zu  $p \cdot d$ -Werten von einigen 10 Torr·cm. Erst bei noch geringerer Überspannung von kleinen Bruchteilen ergeben sich ebenso lange Aufbauzeiten, wie sie auf Grund der Townsendtheorie mit Rücksicht auf die langen Laufzeiten gefordert werden müssen.

<sup>1</sup> Nach L. H. Fisher: *Electr. Engng.* 69 (1950) S. 613.

## Die Elektrotechnik auf der Verkehrsausstellung „Schiene und Straße“

Von W. Prasse, Essen

DK 625.62 : 621.33 : 061.4

Die Verkehrsausstellung (8. bis 23. 9. 1951) in Essen hat in einem groß angelegten Rahmen einen ausgezeichneten Querschnitt des augenblicklichen technischen Standes im gesamten Gebiet des Verkehrs auf Schiene und Straße gegeben. Dabei ist bewußt der Charakter einer reinen Fachausstellung gewahrt worden, in der der Fachmann sich über jede Einzelheiten auf seinem Spezialgebiet ausgiebig unterrichten konnte. Insbesondere auf dem Sektor der elektrischen Ausrüstungen und Zubehörteile für Nahverkehrsmittel war eine Fülle von Neuentwicklungen zu sehen, so daß es im Rahmen dieser kurzen Übersicht nicht möglich ist, eine erschöpfende Darstellung aller gezeigten Einzelheiten zu geben. Im folgenden soll versucht werden, nach einzelnen Sachgebieten geordnet auf die hervorstechendsten Einzelheiten kurz hinzuweisen:

### Motoren und Antriebe

Während auf dem Gebiet der elektrischen Antriebe der Busse im wesentlichen die bereits schon bekannten und im Betrieb befindlichen Systeme gezeigt wurden, hat sich das Bild für die Ausrüstungen von Straßenbahnwagen und Straßenlandwagen vollkommen geändert. Der Zwang, mit modernen Fahrzeugen rasch und bequem zu fahren, hat in Zusammenarbeit zwischen Verkehrsbetrieben und Industrie Konstruktionen geführt, die von dem Althergebrachten teilweise vollkommen abweichen. Das Bestreben geht immer mehr dahin, die Motoren möglichst abgedeckt in den Drehgestellen oder Laufwerkrahmen aufzuhängen und das abgedeckte Gewicht so klein wie möglich zu halten. Über den von den Firmen BBC und Kiepe gezeigten Antrieben mit Hohlwellen-Motoren, bei denen als Gelenke weder Scheiben oder Lamellen benutzt werden, interessiert ein Kardantrieb von SSW, der sich im Prinzip in der Anordnung, wie sie beim Obus üblich ist, anpaßt. Jeder Achsenantrieb wird über ein Winkelgetriebe und eine Kardanwelle durch einen in der Längsrichtung des Wagens liegenden Motor angetrieben (Bild 1). Die AEG hat zusammen mit der Düsseldorfer Waggonfabrik einen Antrieb entwickelt, bei dem je Drehgestell nur ein längs liegender Motor verwendet wird, der jedoch beide Achsen antreibt. Gegenüber der bei den Essener Straßenbahnen schon seit Jahren laufenden Bauart ähnlichen Prinzips ruhen diese Motoren vollkommen abgedeckt im Drehgestellrahmen. Dieser Antrieb läuft in einem Wagen der Rheinbahn, Düsseldorf. (Motor und Lichtbild des Antriebes wurden auf der Ausstellung gezeigt.) Die Bedeutung derartiger Antriebe liegt in der Vereinfachung des Oberbaues und der Motoren selbst, wobei man sich die Verwendung gummibereifter Räder, wie sie u. a. von den Firmen Bochumer Verein und Stahlwerk Osna-

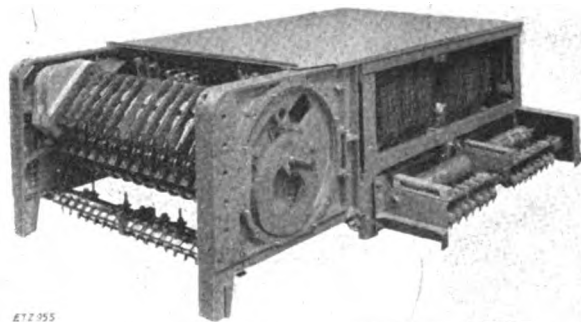


Bild 2. Feinstufiges Schaltwerk, Bauart BBC

brück ausgestellt waren, noch eine Verbesserung erzielen kann. Als Weiterentwicklung beim Tatzlagerantrieb wurden verschiedene Motoren mit Tatzrollenlagern vorgeführt, die eine genaue Einhaltung der Zentrale und damit einen geräuschlosen Lauf und Schonung der Getriebe bewirken.

### Steuerungen

Auf dem Gebiet der neu entwickelten Steuerungen strebt man die Zugsteuerung an, d. h. eine Schaltung, bei der von dem vorderen Fahrerstand aus zwei oder mehrere hintereinander gekoppelte Triebwagen gesteuert werden können. Der Gewinn liegt in der Erhöhung der Reisegeschwindigkeit und damit schnelleren Räumung der Haltestellen und Strecken. Die gezeigten Steuerungen unterscheiden sich in mancher Hinsicht durch ihren grundsätzlichen Aufbau. Beispielsweise arbeitet die von SSW neu entwickelte Steuerung, die mit dem Kardantrieb nach Bild 1 in betriebsmäßiger Ausführung gezeigt wurde, mit einem Elektromotor und auf rein elektrischer Grundlage. Dagegen verwendet die Firma Kiepe die in der Schweiz entwickelte Sécheron-Steuerung mit elektrisch gesteuerten Druckluftschützen. Auf dem Stand der Firma Handelsgesellschaft Westfalen war eine Zugsteuerung ausgestellt, die sich nachträglich auf vorhandenen Fahrschaltern einbauen läßt und die auch auf rein elektrischer Grundlage arbeitet. Diese Steuerung ist in Zusammenarbeit mit der Essener Straßenbahn schon lange vor dem Kriege entwickelt und auch in dem von dem gleichen Unternehmen ausgestellten Wagen an dem Feinstufenschaltwerk von BBC eingebaut. Die oben beschriebenen Schaltwerke erlauben eine Betätigung durch eine Kurbel, einen Hebel oder durch Fußpedale. Teilweise wirkt die Betätigung so, daß zum Fahren und Bremsen zwei verschiedene Einrichtungen dienen, z. B. zum Fahren ein besonderer Hebel und zum Bremsen ein Pedal. In jedem Fall ist hierbei eine Verriegelung der Fahrstufen vorhanden, die beim Einleiten des Bremsvorganges selbsttätig den Fahrstrom abschaltet. So bestehend diese neu entwickelten Einrichtungen sind, sollte man doch nicht die ebenfalls in verschiedenen Ausführungen gezeigten direkt angetriebenen Unterflurschaltwerke vergessen, bei denen vielstufige oder feinstufige Fahrschalter verwendet werden. Derartige Ausführungen wurden z. B. von der Straßenbahn Hannover, von BBC (Bild 2) und von SSW in naturgetreuen Modellen gezeigt.

Eine interessante Einzelheit stellt das u. a. von Kiepe gezeigte Schütz mit Preßstoffumhüllung dar, welches sich außer im Fahrschalterbau auch für andere Zwecke vielseitig verwenden läßt (Bild 3).

Eine automatische Feinstufensteuerung für Akkumulatoren-Triebwagen, die auf dem Stand der AEG gezeigt wurde, dient zur wirtschaftlichen Ausnutzung der Akkumulatorkapazität derartiger Fahrzeuge. Die Anlage ist

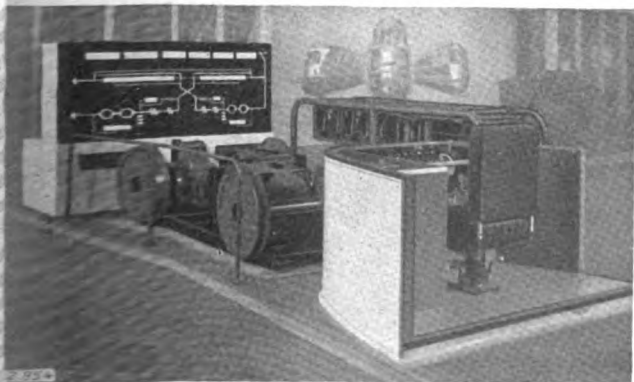
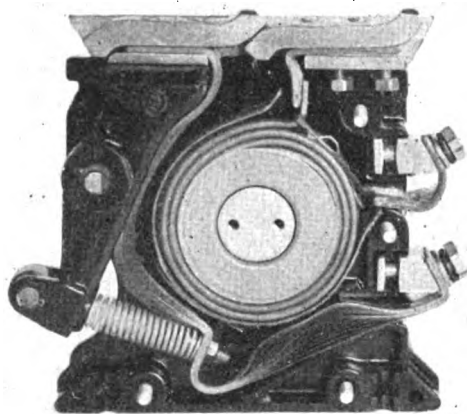


Bild 1. Neuer Kardantrieb für Straßen- und Schnellbahnen mit Fahrerstand, Schaltwerk und Leuchtschaltbild, Bauart SSW.





ETZ 956

Bild 3. Nockenschütz mit Preßstoffumhüllung (geöffnet), Bauart Kiepe.

ebenfalls für Zugsteuerung eingerichtet. Für den Betrieb von Tagebaulokomotiven dient ein vielstufiges Nockenschaltwerk für 1200 V. Auch dieses Schaltwerk ist für den Betrieb mehrerer Lokomotiven vorgesehen, und zwar mit Hilfe einer sogenannten „elektrischen Welle“, durch die das zur unmittelbaren Betätigung des Schaltwerkes auf der geführten Lokomotive erforderliche Drehmoment übertragen und dieses Schaltwerk synchron mitgeschaltet wird.

#### Schienenbremsen und Solenoidbremsen

Das Bestreben der Hersteller von Schienenbremsen zielt auf Einzelaufhängung der Magnete sowie Verringerung des Gewichtes bei gleichzeitiger Herabsetzung der Leistung hin. So wurde z. B. eine Schienenbremse von 4000 kg Zugkraft in leichter Ausführung gezeigt, die gegenüber der Normalausführung mit 110 kg Gewicht nur 76 kg wiegt. Durch Einzelaufhängung und bessere Einstellmöglichkeit ist eine Verbesserung der Bremsleistung um etwa 30% gegenüber der bisher starren Verbindung zweier Magnete zu erzielen. Gleichzeitig konnte das Kupfergewicht, das früher etwa 12 kg betrug, auf rd. 6 kg ermäßigt werden. Für die Verwendung von Schienenbremsen, die durch eine Batterie erregt werden, insbesondere in Beiwagen, bedeutet die geringe Leistung einen entscheidenden Gewinn. Die Firmen **H a n n i n g & K a h l** sowie **S e i c o**, Hannover, zeigten Solenoidbremsregler, die es gestatten, die Zugkraft des Solenoides den veränderten Betriebsverhältnissen anzupassen.

#### Scheinwerfer und Beleuchtung

Die Notwendigkeit, die Geschwindigkeit zu erhöhen, zwang zu einer Weiterentwicklung der Scheinwerfer für Straßenbahnen. Insbesondere ist für einwandfreie Abblendung ähnlich wie beim Kraftwagenscheinwerfer gesorgt, und zwar teilweise durch Verwendung von Biluxlampen für eine Spannung von 40 V, die in ihrem Aufbau der in Kraftwagen benutzten Biluxlampe gleichen. Diese Lampen lassen sich in der sogenannten Einkreisschaltung ohne jede Schwierigkeit verwenden. Die Umschaltung von vollem Licht auf Nahlicht bringt keine Unterbrechung des Stromkreises, sodaß die Innenbeleuchtung in keiner Weise dadurch berührt wird. Die Bestrebungen, die Beleuchtung der Fahrzeuge im Innern zu verbessern, führen zu immer größerer Anwendung von Leuchtstofflampen.

#### Niederspannungsanlagen

Für den Betrieb von Niederspannungsanlagen wurden von verschiedenen Herstellern Umformeraggregate gezeigt, die es gestatten, für das Niederspannungsmaterial einschließlich der Beleuchtung das im Kraftwagen übliche Gerät zu verwenden. Auch wurde ein neuartiger Lichtmaschinenantrieb mit Achsgetriebe vorgeführt, der sich vor allem für die Beleuchtung von Vollbahnfahrzeugen eignet.

#### Stromabnehmer

Hier fiel besonders ein Leichtmetallstromabnehmer mit doppelter Wippe im Gewicht von insgesamt etwa 82 kg auf. Interessant ist bei dieser Bauart, daß die mit zwei Kohle-schleifstücken ausgerüstete Wippe durch eine geschickte Hebelanordnung sich jeweils dem günstigsten Anpreßdruck beim Anfahren anpaßt, sodaß beide Schleifstücke gleichmäßig anliegen.

#### Nachrichtenübertragung

Viele Fahrzeuge sind mit Lautsprecheranlagen ausgerüstet, die entweder vom Fahrer oder von dem an seinem Schaffnersitz sitzenden Schaffner bedient werden. Die Anlagen arbeiten teilweise mit der vollen Fahrdrachtspannung z. B. über einen Spannungsteiler, teilweise unter Verwendung von Batterien, die sowieso für die Hilfsstromkreise in den modernen Fahrzeugen vorhanden sind.

Hinzuweisen ist auch auf die Möglichkeiten des Sprechfunks, die sowohl im Betrieb der Rangierbahnhöfe als Rangierfunkanlage bei der Deutschen Bundesbahn als auch für die Oberleitungs-Turmwagen zur Anweisung bei Störungen angewendet werden.

#### Bahnstromversorgung

Auf dem Gebiet der Bahnstromversorgung wurden mehrere Gleichrichter gezeigt, die durchweg mit mehreren Eisengefäßen ausgerüstet sind. Für Fahrdrachtspannungen bis zu 250 V, also insbesondere für die Verwendung im Betrieb von Bahnen unter Tage hat sich der Selektrogleichrichter eingeführt, der bei diesen Spannungen neben einer höheren Wirtschaftlichkeit noch den Vorteil des einfacheren Aufbaues und der Unempfindlichkeit gegen niedrige Temperaturen hat.

Als interessante Neuerscheinung wurden Gleichrichter gezeigt, die als Normalausführung im Lieferwerk fertiggestellt werden und sich in kürzester Zeit an den Verwendungsstellen aufbauen lassen. Eine derartige Station ist z. B. von der Firma **P i n t s c h** entwickelt worden. Die Station läßt sich in dem Raum einer größeren Litfaßsäule unterbringen.

#### Kabel- und Streckenausrüstung

Auf dem Gebiet der Oberleitungsanlagen waren vornehmlich für die Obusfahrleitungen neue Ausführungen in Bildern, Einzelteilen und Ausführungen zu sehen, die sich sowohl durch große Spannweiten, also kleine Anzahl von Stützpunkten, als auch durch tadellose, von der Temperatur unabhängig gespannte Fahrleitung auszeichnen. Zur



Bild 4. Streckenprüfgerät.

andfreien Verlegung der Oberleitungen und zum nachträglichen Überprüfen sind besondere Meß- und Prüfgeräte entwickelt worden, die eine einwandfreie Kontrolle auch im betriebsfertigen Zustand ermöglichen (Bild 4).

Zur Beheizung der Weichenanlagen bei Frost dienen elektrische Heizeinrichtungen.

### Meßtechnik

Auf dem Gebiet der Meßtechnik wurde eine Reihe bedeutungsvoller Geräte gezeigt, die z. T. als Registriergeräte und Auswertautomaten arbeiten. Für Zwecke der Betriebskontrolle angewendet, leisten diese Registriergeräte einen wertvollen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von vorhandenen Anlagen.

Von verschiedenen Firmen wurden neuartige Einrichtungen vorgeführt, die es gestatten, Fehler in Kabelanlagen erkennen und einzugrenzen. Hierdurch wird eine erhebliche Zeitverkürzung bei der Behebung von Störungen erreicht.

Weiterhin wurde ein neues Streckenprüfgerät mit Röhrensteuerung für elektrische Gleichstrombahnen vorgeführt, nach Abschalten einer Strecke infolge Überlastung oder Kurzschluß eine selbsttätige Wiedereinschaltung oder Blockierung je nach Größe des auf der Strecke bestehenden Stromes vornimmt.

### Werkstätten

Für die Werkstättenanlagen der Verkehrsbetriebe und Herstellerwerke wurden interessante Schweißmaschinen gezeigt, insbesondere auch eine selbsttätig arbeitende Spurnschweißeinrichtung mit zwei Schweißköpfen. Diese Maschine dient in erster Linie zum Aufschweißen der Laufnuten von Radsätzen für Personen- und Güterwagen. Bei Radsätzen für Straßenbahnwagen, die im allgemeinen aus Stählen höherer Festigkeit und höherer Brinellhärte bestehen, ist allerdings noch eine Vorwärmung der Radreifen auf  $200^{\circ}\text{C}$  erforderlich, um völlig rißfreie Auftragschweißungen zu erzielen (Bild 5).

Bemerkenswert war auch eine von den Berliner Verkehrs-Betrieben (BVG) ausgestellte Schweißeinrichtung für Fahrdrähte, bei der anstelle der bisherigen Nieten der Fahrdraht durch Stumpfschweißung verbunden ist.

Für die Untersuchung von Materialien, insbesondere von Achsen, bieten die gezeigten Risseprüfer eine Unterstützung für die Werkstatt. Diese Prüfer ermöglichen den Nachweis von Materialtrennungen, die in der Oberfläche oder dicht unter ihr liegen und von mikroskopischer Feinheit sein können, also z. B. von Ermüdungs-, Schleif- oder Haarrissen, Poren, Lunkern, Schmiedekanten und Schlackenzeilen. Man kann mit Hilfe dieser Geräte verdächtige Werkstücke frühzeitig erkennen und die im Betrieb befindlichen Teile auf ihren einwandfreien Zustand prüfen. Eine weitere Möglichkeit der zerstörungsfreien Ma-

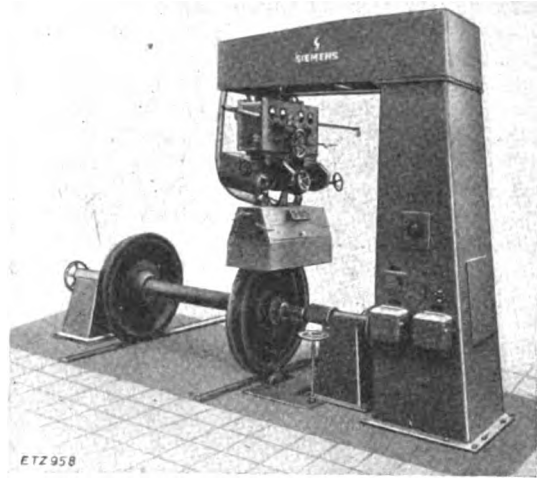


Bild 5. Selbsttätige Spurnschweißeinrichtung mit zwei Schweißköpfen.

terialprüfung mit hoher Fehlererkennbarkeit hat sich in der letzten Zeit durch die Einführung des Ultraschallverfahrens ergeben. Dabei eignet sich das Ultraschallverfahren für fast alle Metalle mit Ausnahme von Blei, außerdem auch für plastische und keramische Werkstoffe.

### Sonderschau Bundesbahn und Bundespost

Auf dem Sondergebiet der Bundesbahn wurden außer der elektrischen Schnellzuglokomotive E 19 eine dieselelektrische Verschiebelokomotive gezeigt, weiterhin wichtige Neuerungen von elektrischen Stellwerken. Hierbei sind die Gleisbildanlagen besonders zu erwähnen, die eine leichte Übersicht auch bei komplizierten Anlagen gestatten. Auch auf dem Gebiet der elektrisch betriebenen Fahrkartendrucker waren manche Neuerungen zu sehen.

Hinzuweisen ist ferner auf die Anlagen zur Sicherung von Bahnübergängen, weiterhin in diesem Zusammenhang auch auf die Verkehrssignalanlagen allgemein, die der Regelung des Verkehrs auf Schiene und Straße dienen.

Als Beitrag für die vorgesehene Elektrifizierung des Ruhrgebietes wurde ein Triebwagenzug gezeigt, wie er im Orts- und Nahverkehr schon in Süddeutschland eingesetzt ist.

Aberundet wurde das Bild der Vollbahnfahrzeuge durch einen Triebwagenzug der Köln-Bonner Eisenbahn sowie der Untergrundbahn, die von Athen zum Hafen Piräus führt.

Die Bundespost zeigte auf dem Sektor der Anwendung von Akkumulatorenfahrzeugen viele Neuerungen. Das Ziel ist hierbei, durch besondere Ausbildung dieser Fahrzeuge für den jeweiligen Zweck eine Beschleunigung der Abfertigung bei gleichzeitiger Ersparung von Personal zu erreichen.

## Elektrische Steuerungen für Exzenterpressen

Von K.-H. Klein, Köln-Ehrenfeld

DK 621.316.5 : 621.979.13 : 614.8

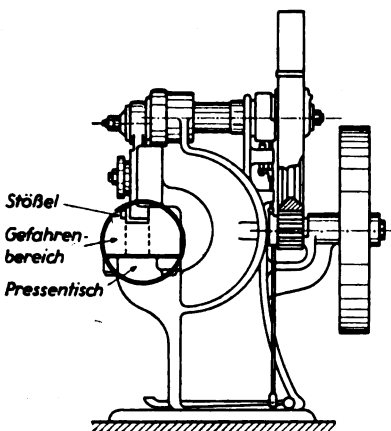
**Übersicht.** Jede Maschine bildet bei unsachgemäßer Bedienung und Nutzung eine Gefahr für das Bedienungspersonal. Besonders Exzenterpressen mit Drehkeilkupplung bringen immer wieder Unfälle, die entweder in veralteten Ausführung der Kupplung, in der unzureichenden Konjunktion und Anordnung der Steuergeräte oder in der vorschriftswidrigen Bedienung ihre Ursache haben. Die vorliegende Arbeit will die Bemühungen der Eisen- und Metallberufsgenossenschaften in ihrem Kampf gegen Unfälle an Exzenterpressen unterstützen und zeigen, daß Schaltungen mit entsprechenden elektrischen und mechanischen Eigenschaften eingesetzt, viel zu dieser Unfallverhütung beitragen.

### Bisheriger Zustand

Exzenterpressen werden heute in fast jedem Fertigungsbereich, besonders aber bei der Maschinenherstellung, verwendet. Wie aus den vielen bestehenden Vorschriften der

Berufsgenossenschaften hervorgeht, versucht man mit allen Mitteln, der Betriebsunfälle Herr zu werden, die besonders zahlreich durch mangelnde Unfallsicherheit und unsachgemäße Bedienung der Exzenterpressen auftreten. Da in erster Linie die Hände des Bedienungspersonals gefährdet sind, ist man bei der Entwicklung von Einrückvorrichtungen von der Forderung ausgegangen, daß sämtliche an der Maschine beschäftigten Hände während der Gefahrenzeit von dem Gefahrenbereich (Bild 1) ferngehalten werden müssen. Die Gefahrenzeit liegt zwischen der Ingangsetzung des Stößels und dem Augenblick, in dem der Abstand zwischen Unterkante des Oberwerkzeuges und Oberkante des Unterwerk-

zeuges kleiner als 8 mm geworden ist. Bei diesem Abstand ist es dann nicht mehr möglich, mit einem Finger, geschweige denn mit der ganzen Hand zwischen das Werkzeug zu fassen. Eine früher häufig angewandte Vorrichtung besteht aus einem fest oder beweglich angebrachten Schutzgitter. Hierbei ist die Fußeinrückung mechanisch gesperrt bis das Schutzgitter auf dem Prestentisch aufliegt und die einlegende Hand also weggezogen sein muß. Da diese Vorrichtung jedoch nur ganz bestimmte Arbeiten an der Presse zuläßt und auch verhältnismäßig leicht durch beabsichtigtes oder ungewolltes Verbiegen des Gestänges wirkungslos gemacht werden kann, wurde sie durch eine allgemeinere verwendbare mechanische Zweihand-Einrückung fast vollständig verdrängt.



ETZ 893  
Bild 1. Presse mit besonders hervorgehobem Gefahrenbereich.

Diese fast an jeder Presse angebrachte Einrichtung dürfte so bekannt sein, daß auf ihre Arbeitsweise nicht näher eingegangen werden muß. Die Nachteile dieser Einrichtung sind:

Verhältnismäßig großer Kräfteaufwand und je nach Konstruktion sehr leicht auftretende Fehlschaltungen, da schon bei geringfügigem Druckunterschied zwischen linkem und rechtem Hebel der Waagebalken schräggestellt wird, wodurch eine Einrückung verhindert wird. Das die Bewegung übertragende Gestänge ist oft durch einfaches Lösen einer Mutter oder ähnliche Verfahren von Hand auf Fußbetrieb umstellbar. Dem Presser ist es also möglich, selbst Änderungen der Einstellung vorzunehmen, um die ihm etwas unbequeme Zweihand-Einrückung durch eine Fußeinrückung zu ersetzen. Zwar wird dadurch vielleicht eine Akkordverbesserung erreicht, die er jedoch bald mit dem Verlust eines oder mehrerer Finger teuer bezahlen muß. Erwähnenswert ist, daß es heute schon vereinzelt Zweihand-Einrückungen gibt, deren Konstrukteure mit einigem Erfolg versucht haben, diese Nachteile dadurch auszuschalten, daß sie mechanische und elektrische Elemente kombinieren.

**Sicherheitsforderungen**

Die Pressenhersteller sollen Maschinen bauen, die durch Zusatzeinrichtungen die in der Art der Maschine liegende Anfälligkeit für Betriebsunfälle auf ein Mindestmaß heruntersetzt. In der „Pressefibel“<sup>1</sup> findet man eine klare Formulierung der möglichen Unfall-Ursachen und die zur Verhütung erforderlichen Maßnahmen. Durch mehr oder weniger komplizierte mechanische Vorrichtungen will man die einzelnen Unfallquellen ausschalten. Daß die Lösbarkeit der meisten Probleme mit Hilfe der Elektrotechnik jedoch einfacher und trotzdem gründlicher durchgeführt werden kann, davon ist in dieser wirklich lehrreichen Schrift leider noch nicht die Rede. Dies ist auch verständlich, denn erst in der jüngsten Zeit hat man sich ernsthaft mit der Lösung des Problems der elektrischen Steuerung der Exzenterpressen befaßt. Die verlangten Sicherheiten sind: 1. Nachschlagsicherung, 2. Nachschaltsicherheit, 3. Nachgreifisicherheit, 4. Stillstandssicherung, 5. Sicherung gegen Kupplungshemmung.

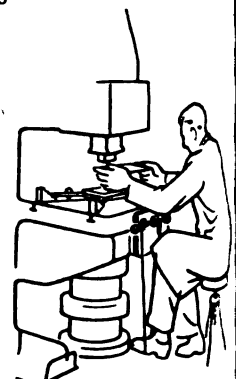
**Suche nach einer elektrischen Sicherheitssteuerung**

Zunächst sei grundsätzlich festgestellt, daß die Verwendung von Elementen der mechanischen Steuerung wohl auf dem Entwicklungswege zur elektrischen Steuerung lag, jedoch heute bereits dadurch überholt ist, daß durch den Schaltergerätehersteller Geräte zur Verfügung gestellt werden, die unfall- und betriebssicher sind. Hierzu ein Beispiel: Das Bedienungselement der mechanischen Steuerung mit Zweihand-

Einrückung ist die Hebelkonstruktion bestehend aus einem Waagebalken mit 2 Griffen oder 2 Einzelhebeln, die gleichzeitig auf ein Schaltelement wirken müssen. Was lag zunächst einmal näher, als in Verbindung mit dieser abgewohnten Hebelbewegung kleine elektrische Schalter, z. B. Quecksilberrelais, zu bewegen und hierdurch irgendwelche Vorgänge elektrischer Art auszulösen? Die Praxis hat jedoch gezeigt, daß diese Entwicklungsstufe auf die weitere Einführung elektrischer Steuerungen eher hemmend als fördernd wirkte. Dies ist erklärlich, wenn man bedenkt, daß mit Quecksilber gefüllte Glasröhren wohl kaum geeignete Elemente zum An- oder Einbau bei Maschinen darstellen, die starken Stößen und Erschütterungen ausgesetzt sind. Betriebliche Störungen sind die Folge; diese führen zu starker Abnutzung bei den Herstellerfirmen von Pressen gegenüber der Verwendbarkeit von elektrischen Steuerungen überhaupt. Der wenig Muskelkraft erfordernde Betätigung der elektrischen Schaltelemente verführt leicht dazu, die schweren Elemente der mechanischen Zweihand-Einrückung in leichter Bauweise nachzuahmen. Zwei zierliche Hebel in der Mitte des Prestentisches sehen zwar elegant aus, können aber ohne große Intelligenz in eine „Einhand-Einrückung“ (Bild 2) oder gar „Fußeinrückung“ (Bild 3) verwandelt werden. Durch Anbringung zusätzlicher mechanischer Teile, z. B. senkrechter Zwischenwände usw., kann die eine oder andere Umgehungsmöglichkeit abgestellt werden. Schwenkhebel oder Kupplungsgriffe sind entschieden abzulehnen, denn mit Druckknöpfen die eine Umgehung der Zweihandbetätigung unmöglich zu machen, läßt sich ein ebenso bequemes und wenig Muskelkraft erforderndes Bedienen der Presse erreichen. Wie sieht es dann aber mit der von den Elektrotechnikern versprochenen konstruktiven Vereinfachung der Presse aus?



ETZ 894  
Bild 2. Umgehungsmöglichkeit einer Zweihand-Einrückung bei falscher Anordnung der Betätigungselemente.



ETZ 895  
Bild 3. Umgehungsmöglichkeit einer Zweihand-Einrückung durch falscher Konstruktion des Steuerorganes.

**Ein neuer Weg**

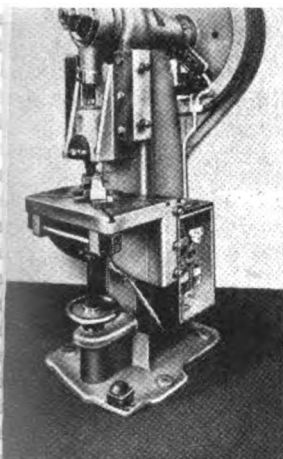
Die Entwicklung einer vollwertigen Sicherheitssteuerung ist nur dann möglich, wenn Maschinenbauer und Elektrotechniker Hand in Hand arbeiten und damit dem Elektrotechniker wirklich die Möglichkeit gegeben wird, das angestrebte Optimum zu erreichen.

Die nun beschriebene elektrische Steuerung erhebt sich zunächst nur auf sich gestellt ist, keinen Anspruch auf eine vollkommene Lösung der Gesamtaufgabe, zeigt jedoch einen neuen Weg.

Die an der Maschine angebrachte elektrische Steuerung (Bild 4) wurde auf der Industriemesse 1951 in Hannover gezeigt. Hier wurde von der elektrotechnischen Seite als Basis geschaffen, die mit der erforderlichen Ergänzung durch den Maschinenbauer wesentlich zur Weiterentwicklung der elektrischen Sicherheitssteuerungen im Sinne der Unfallverhütung beiträgt. Die Schaltergeräte sind, soweit es möglich ist, in einem Gerätesammelkasten aus Stahlblech zusammengefaßt. Diese gekapselte Steuerung ist fest an der Maschine montiert und enthält folgende Schaltergeräte:

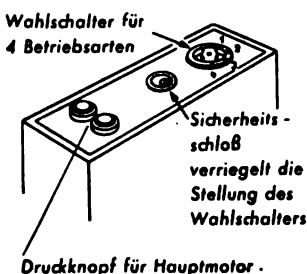
- 1 selbsttätigen Motorschutzschalter, mit dem der Antriebsmotor ein- und ausgeschaltet wird. Das aufgebaute thermische Motorrelais schützt den Motor vor Überlastung und bei Ausfall des Motors die Betätigung des Motorschutzschalters.

<sup>1</sup> Verfaßt vom Verband der Eisen- und Metallberufsgenossenschaften, Erich Schmidt Verlag, Berlin, Bielefeld, Detmold 1949.



Ober-Platte des Gerätesammelkstens bei Exzenterpressen

- 1 Zweihandbedienung
- 2 Einhandbedienung
- 3 Fußbedienung
- 4 Dauerbetrieb



Betriebstüchtigkeit der Sicherheitssteuerung wichtige Hilfsstrom-Endschalter sitzt am Maschinenkörper und wird durch eine Nocke des umlaufenden Schwungrades betätigt, er ist mit einem Rollenhebel versehen, so daß die seitlich wirkenden Kräfte den Schalter immer nur axial beanspruchen können. Alle Geräte haben tastende Kontaktgabe und Silber als Kontaktmaterial, so daß sie ohne weiteres der auftretenden Schalthäufigkeit gewachsen sind. Lediglich der eingebaute Betriebsart-Wahlschalter ist ein Walzenschalter, hat also Reibkontakte. Da er jedoch nicht der hohen Schalthäufigkeit unterworfen ist, erfüllt er genau so wie alle anderen zur Steuerung gehörenden Schaltgeräte die Forderung, die für die Entwicklung dieser Geräte ausschlaggebend waren: Gerätelebensdauer gleich Maschinenlebensdauer.



ETZ 898

Bild 6. Fußdruckknopfschalter, der auch bei seitlich angreifender Betätigung sicher schaltet. (Der Schnitt zeigt die Trennung des Betätigungs-vom Kontaktorgan, die Abdichtung gegen Feuchtigkeit sowie den gut zugänglichen Anschlußraum.)

Diese Exzenterpressensteuerung ist auf die einzelnen Forderungen der Berufsgenossenschaft abgestimmt. Die verschiedenen Punkte dieser Forderungen und die Möglichkeiten, sie zu erfüllen, sind:

1. Stillstandssicherung: Ein wirksames Betätigen des Kupplungsmagneten soll bei stillstehendem Schwungrad oder Motor vermieden werden. Dies wird dadurch erreicht, daß die Spannung für die Betätigungsgeräte (Hand- und Fußdruckknopf) erst vorhanden ist, wenn der Motorschutzschalter für den Pressenmotor eingeschaltet ist, also wenn der Motor läuft.
2. Nachgreifssicherheit: Die Zeit der gefährlichen Abwärtsphase des Stößels muß kürzer sein, als die Zeit, die die Hände benötigen, um in den Gefahrenbereich zu lassen. Die Erfüllung dieser Forderung kann nicht durch die elektrische Steuerung allein gegeben werden. Drehkeilkupplungen haben leider die Eigenschaft, daß sie, einmal eingerückt, den angefangenen Hub zwangsläufig zu Ende führen. Die sicherste Einrichtung wäre, daß man den Bedienenden zwingt, die Betätigungsgeräte festzuhalten, bis der Gefahrenbereich vom Stößel überwunden ist oder aber durch irgendeine Einrichtung den Hub zu unterbrechen, wenn die Druckknöpfe vorher losgelassen werden. Eine Möglichkeit wäre der Anbau eines zweiten Sperrmagneten, der in der Drehrichtung versetzt, gleichzeitig mit dem üblichen Magneten anspricht, wobei nach Möglichkeit der Abstand zwischen den beiden Magneten einstellbar sein müßte. Wird nun die Zweihand-Einrückung zu frühzeitig losgelassen, so wird die Kupplung durch die Sperrklinke des zweiten Magneten ausgerückt und der Hub unterbrochen. Eine zweite rein mechanisch zu lösende Möglichkeit bestände darin, möglichst viele Einraststellungen in der Kupplung anzubringen, von denen jede in der Lage ist, bei zu schnell losgelassener Zweihand-Einrückung den eingeleiteten Hub wieder zu unterbrechen.
3. Nachschlagsicherheit: Bei Einstellung des Wahlschalters auf „Einhub“ darf ein unbeabsichtigter zweiter Hub nicht möglich sein. Ein Endschalter schaltet kurz vor Beendigung der Exzenterwellenumdrehung zwangsläufig den Magneten ab, auch wenn die Druckknöpfe der Zweihand-Einrückung betätigt bleiben.
4. Nachschaltsicherheit: Ein nochmaliges Einschalten des Auslösemagneten während eines Stößelspiels soll unmöglich sein. Die Zeit zwischen der Freigabe des durch den Nocken am Schwungrad betätigten Endschalters und der Beendigung eines Stößelspiels darf für eine neuerliche Betätigung nicht mehr ausreichen. Der Endschalter darf also frühestens nach  $\frac{1}{4}$  Umdrehung der Exzenterwelle wirksam werden.
5. Wirksame Zweihand-Einrückung: Jeder Arbeitsvorgang darf bei Wahlschaltereinstellung „Zweihand-Einrückung“ nur durch die Betätigung beider „Ein“-Druckknöpfe ausgelöst werden können. Durch ein in der Steuerung enthaltenes Verriegelungsschütz wird erreicht, daß zur Einleitung eines neuen Hubes die Betätigungsgeräte zunächst einmal wieder vollständig freigegeben werden müssen. Die Ruhkontakte der Steuergeräte müssen also geschlossen werden. Das mechanische Festklemmen eines Druckknopfes zur Umgehung der Zweihand-Einrückung nutzt also nichts.

Es ist kaum anzunehmen, daß sich in naher Zukunft an der Konstruktion und der Wirksamkeit der oben beschriebenen elektrischen Schaltgeräte entscheidende Änderungen zeigen werden. Vielleicht ist jedoch ein anderer Fabrikationszweig der Elektroindustrie in der Lage, die Unfallsicherheit bei kleineren Exzenterpressen, die das größte Schmerzenskind sind, entscheidend zu erhöhen. Sollte nicht eine elektromagnetisch betätigte Kupplung die Aufgaben der Drehkeil-

ETZ 896  
Bild 4. Exzenterpresse mit einer nach Gesichtspunkten der Unfallverhütung konstruierten und projektierten elektrischen Ausrüstung.

dreipolige Grobschutzsicherung für den Motor. Schütz, das den Kupplungsmagneten ein- und ausschaltet. zweipolige Sicherung für den Magneten, die gleichzeitig als Steuerleitungssicherung eingesetzt ist. Verriegelungsschütz für die Sicherheitsschaltung. Wahlschalter kombiniert mit einem Sicherheitsschloß. Der Schalter hat 4 Stellungen:  
I = Zweihandbedienung  
II = Einhandbedienung  
III = Fußbedienung  
IV = Fußbedienung  
} Einzelhub  
Durchlauf

Durch das angebrachte Sicherheitsschloß ist gewährleistet, daß nur hierfür Befugte die notwendige Umstellung am Wahlschalter vornehmen können. Im abgeschlossenen Zustand ist das Einstellen einer anderen Bedienungsart nicht möglich. Klemmleiste mit klar bezeichneten Klemmen. Die Bezeichnung der Klemmen und die Lage aller Geräte stimmt mit dem dazugehörigen Schaltplan überein, so daß die Montage und Installation dieser Steuerung rein schematisch gehandhabt werden kann.

Die neuerdings entwickelten Gerätesammelkästen haben einen von den übrigen Geräten getrennten Raum für Hauptschalter und Anschlußklemmen, der nur bei ausgeschaltetem Hauptschalter zugänglich ist (Bild 5). Da dieser mit einer Abdeckung gegen zufällige Berührung versehen ist, liegen nach Öffnen des Klemmenraumes keine unter Spannung stehenden Teile frei. Eine wirkungsvollere Unfallverhütung ist also für den elektrischen Teil der Maschine kaum möglich.

Die außerdem noch zur Ausrüstung gehörenden Geräte sitzen entsprechend ihrer Funktion an der Maschine verteilt.

Ein wichtiger Bestandteil der Steuerung ist der zur Einrückung der Drehkeilkupplung notwendige Magnet, und zwar ein Klappankermagnet, der entsprechend der auftretenden Schalthäufigkeit bis etwa 3000 S/h mit einem Hub von 5 mm ausführt und dabei eine Zugkraft von 10 kg entwickelt. Er wird nach Betätigung der Steuergeräte eingemagnetet, die durch die Einstellung des Wahlschalters wirksam gemacht wurden. Diese Steuergeräte sind:

Ein-Hand-Druckknopfschalter, die hier rechts und links unter den Pressen montiert sind und Fuß-Druckknopfschalter (Bild 6), der am Fuß der Presse montiert ist.

Beide Geräte sind in bruchsicherem „Panzer“-Isolierstoff gekapselt, also außerdem noch berührungssicher. Der für die



ETZ 897

Bild 5. Stahlblechgekapselte elektrische Steuerung mit bequem zu öffnendem Unterteil und durchsichtiger Abdeckung aller betriebsmäßig nicht zugänglichen Geräte.

kupplung übernehmen können? Die so verhängnisvolle Eigenschaft der Drehkeilkupplung, daß ein eingeschalteter Hub zwangsläufig zu Ende geführt wird, wäre dann gegenstandslos geworden. Weitere Vorteile sind geringerer Verschleiß der Magnetkupplung und die Möglichkeit der Drehzahl-erhöhung der Maschine.

Da unsere Industrie schon immer die Weiterentwicklung ihrer Erzeugnisse mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln betrieben hat, wird auch hier ein sichtbarer Erfolg nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Doch nicht nur die mehr oder weniger große Wirtschaftlichkeit irgendwelcher Verbesserungen an diesen Pressen darf den Ausschlag für eine schnelle Verwirklichung geben. Hier geht es um eine vornehmere Aufgabe, um den Schutz von Gesundheit und Leben der an Exzenterpressen beschäftigten Menschen.

### Zusammenfassung

Es wird gezeigt, daß die Konstruktion von elektrischen Schaltgeräten und die Projektierung elektrischer Steuerungen wichtige Faktoren im Kampf gegen Unfälle an Exzenterpressen sind. Da die mechanischen Bauelemente dieser Maschinen, besonders jedoch ihre Kupplung, ebenfalls auf eine möglichst hohe Unfallsicherheit auszurichten sind, stellt die beschriebene unfallsichere elektrische Steuerung nur einen Teil der Lösung des gesamten Problems dar. Die bisher übliche Drehkeilkupplung muß durch eine Kupplung ersetzt werden die es gestattet, einen angefangenen Hub an jeder beliebiger Stelle zu unterbrechen. Verschiedene neue Bauformen zeigen sich bereits auf dem Markt, eine Beurteilung kann jedoch jetzt noch nicht durchgeführt werden, da ihre Einsatzdauer bisher noch zu kurz ist.

## Ein Motorschutzrelais für Drehstrommotoren im aussetzenden Betrieb

Von Hans-Jürgen Schrader, Braunschweig

DK 621.316.573 : 621.3115

**Übersicht.** Es wird ein neues Schutzrelais<sup>1</sup> beschrieben, das Drehstrommotoren im aussetzenden Betriebe vor thermischer Überbelastung schützt. Das Relais kann gleichfalls anstelle des üblichen Motorschutzschalters für den Schutz von Drehstrommotoren im Dauerbetrieb verwendet werden.

### Einleitung

Drehstrommotoren für aussetzenden Betrieb werden periodisch belastet. Nach VDE 0530 „Regeln für elektrische Maschinen“ ist die relative Einschaltdauer  $\varepsilon$  das Verhältnis der Betriebszeit  $a$  bei Nennleistung zur Spieldauer, die sich aus der Summe von Betriebszeit  $a$  und Ruhepause  $b$  zusammensetzt;  $\varepsilon = a/(a+b)$ . Als normale Werte für  $\varepsilon$  gelten 15, 25 und 40%, als höchste Spieldauer 10 min.

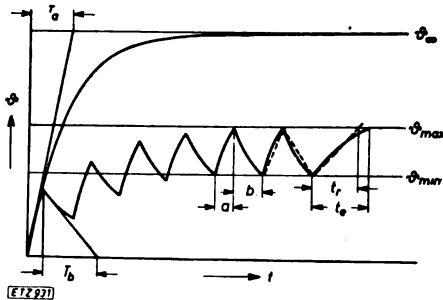


Bild 1. Erwärmungskurven für den aussetzenden Betrieb.

Während der Betriebszeit  $a$  (Bild 1) steigt bei Nennbelastung des Motors die Erwärmung seiner Wicklungen ungefähr dem Verlaufe einer e-Funktion folgend an und strebt einem Endwert  $\vartheta_{\infty}$  zu, der in den meisten Fällen weit über der für die Isolation der Wicklungen zulässigen Grenzerwärmung liegt. Wird der Motor nach Ablauf der zulässigen Betriebszeit  $a$  abgeschaltet, so kühlt er sich während der Betriebspause  $b$  ab und kann nach einer aus der relativen Einschaltdauer und der gesamten Spieldauer zu errechnenden Ruhezeit  $b$  wiederum für die Zeit  $a$  mit seiner Nennleistung belastet werden, ohne daß die Erwärmung der Ständerwicklung den zulässigen Grenzwert überschreitet. Die jeweils nach Ablauf der Zeiten  $a$  bzw.  $b$  auftretenden Höchst- und Tiefstwerte der Erwärmung streben hierbei den Endwerten  $\vartheta_{\max}$  bzw.  $\vartheta_{\min}$  zu.

Einen hinreichenden Schutz dafür, daß die relative Einschaltdauer und die maximale Spieldauer nicht überschritten werden, die Wicklungen des Motors also nicht einer periodischen thermischen Überbelastung ausgesetzt werden, kann der gewöhnliche Motorschutzschalter mit Bimetallauslösung im allgemeinen nicht gewähren. Dieser Schalter, der einen vollkommenen Schutz vor Überlastung von Motoren bietet, die im Dauerbetrieb gefahren werden, kann für Maschinen im periodischen Betrieb nur dann wirksam sein, wenn das

vom Motorstrom erwärmte Bimetall stets die gleiche — oder verhältnismäßige — Erwärmung besitzt wie die zu schützende Ankerwicklung. Dieses ist nur dann der Fall, wenn die Erwärmungs- und Abkühlungszeitkonstanten des Bimetallauslösers denen des Motors entsprechen. Dieser Abgleich braucht nicht sehr genau vorgenommen zu werden. Wenn man jedoch bedenkt, daß die Erwärmungszeitkonstanten sehr kleiner Maschinen wesentlich größer sind als die der Bimetallauslöser in gewöhnlichen Schutzschaltern, so wird man erkennen, daß eine künstliche Vergrößerung der Zeitkonstanten im Relais nur mit verhältnismäßig hohem Aufwand erzielt werden kann. Hinzu kommt noch, daß ein derartig abgeglicher Schutzschalter praktisch nur für wenige Motortypen mit etwa den gleichen Zeitkonstanten verwendet werden kann, falls es nicht gelingt, die Zeitverzögerung im Bimetallauslöser in weiten Grenzen regelbar zu gestalten. In übrigen wird außerdem in der Praxis die Einstellung bzw. der Abgleich eines Schutzschalters auf die Zeitkonstanten des zu schützenden Motors sehr unbequem sein, da diese Werte nicht auf dem Leistungsschild des Motors angegeben werden.

Im folgenden soll daher ein anderer Weg beschritten werden, bei dem nicht auf das Prinzip des Bimetallauslösers zurückgegriffen wird. Bevor wir jedoch auf die Wirkungsweise und Anwendungsmöglichkeiten des neuen Relais eingehen, soll zunächst der Aufbau beschrieben werden.

### Aufbau des Relais

Der Aufbau des Schutzrelais ist in Bild 2 dargestellt. Es besteht aus einer Ferrarischeibe (1), die von je einer Stromspule (2) und Spannungsspule (3) in entgegengesetzter Richtung angetrieben wird. Beide Spulen erzeugen für sich ein Drehmoment, das nach dem Prinzip des Ferrarismotors ähnlich wie bei  $I^2$ - bzw.  $E^2$ -Elektrizitätszählern jeweils dem Quadrat des Stromes bzw. der Spannung proportional ist. An die Genauigkeit brauchen hier jedoch bei weitem nicht die Anforderungen wie bei Zählern gestellt zu werden.

Die Spannungsspule wird an die Netzspannung angeschlossen; sie erzeugt ein konstantes Drehmoment. Die Stromspule wird vom Motorstrom durchflossen oder bei größeren Strömen über einen Stromwandler mit einem dem Motorstrom proportionalen Sekundärstrom gespeist. Das auf die Scheibe einwirkende resultierende Drehmoment  $M$  ist dann gleich der Differenz zwischen dem Stromspulendrehmoment  $M_j$  und dem Spannungsspulendrehmoment  $M_u$ . Ersteres ist proportional  $I^2$  und damit in erster Annäherung proportional dem Anstieg der Erwärmung der Wicklungen des Motors zwischen  $\vartheta_{\min}$  und  $\vartheta_{\max}$ .

Die Welle der Ferrarischeibe trägt an ihrem Ende eine Schnecke (4), die ein Schneckenrad (5) antreibt. Das Schneckenrad dreht sich bei positivem  $M$  (d. h. wenn  $M_j > M_u$ ) nach rechts. Auf dem Schneckenrad befindet sich ein Anschlußstift (6), der die Drehbewegung des Rades nach links be-

<sup>1</sup> Deutsches Patent angemeldet.



grenzt. Bei einer Drehbewegung nach rechts wird von dem Stift (6) nach etwa einer halben Umdrehung ein Kontakt (7)

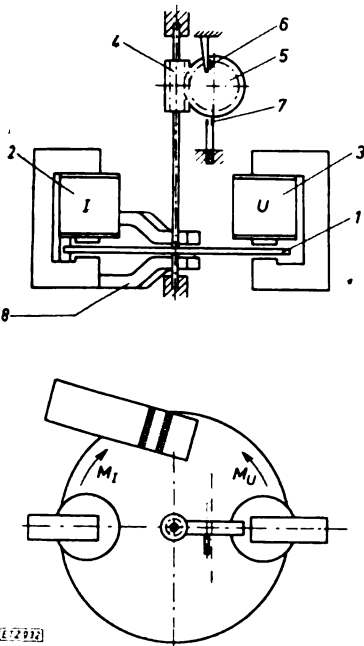


Bild 2. Aufbau des Relais.

geschlossen (oder auch geöffnet), der über einen Hilfsstromkreis die Verriegelung des Hauptschalters löst und den Motor stromlos macht. Die Spannungsspule des Relais liegt jedoch weiterhin an Spannung. Sie bewirkt nach Abschaltung des Motors die Rückdrehung des Schneckenrades in die Ausgangsstellung.

Das Drehmoment der Spannungsspule wird so abgeglichen, daß die Laufzeit des Schneckenrades vom Kontakt (7) zum Anschlag (6) nach links bei stromloser Stromspule gleich der Ruhezeit  $b$  des Aussetzbetriebes wird. Zur Vereinfachung der Einstellung dient der verstellbare Bremsmagnet (8), mit dessen Hilfe die Drehgeschwindigkeit der Ferrarisscheibe eingeregelt werden kann.

Das Drehmoment der vom Nennstrom des Motors durchflossenen Stromspule wird so eingestellt, daß bei gleichzeitig erregter Spannungsspule ein Drehmomentüberschuß der Stromspule  $M_I - M_U$  vorhanden ist, der das Schneckenrad in der maximal zulässigen Betriebszeit  $a$  vom Anschlag nach rechts bis zum Endkontakt (7) bewegt.

**Beispiel:** Für einen Betrieb mit  $\epsilon = 25\%$  Einschaltdauer betrage die Laufzeit  $a = 2,5$  min, dann wird die Ruhezeit  $b$ , d. i. die Rücklaufzeit des Relais gleich 7,5 min. Es gilt also in diesem Falle  $M_U = \frac{1}{4} M_I$ .

**Wirkungsweise**

Nach Beschreibung des Aufbaues ist ohne weiteres ersichtlich, daß das Relais den Motor bei Nennstrom vor einer Überschreitung der zulässigen Einschaltzeit  $a$  schützt. Man kann sich die Wirkungsweise des Relais etwa in der Art vorstellen, daß die Erwärmungs- und Abkühlungskurven des Motors — in Bild 1 dargestellt durch die beiden Kurvenstücke zwischen  $\vartheta_{min}$  und  $\vartheta_{max}$  — im Relais durch zwei Geraden abgebildet werden, die die Sehnen dieser Kurvenbögen bilden. In Bild 1 sind diese Sehnen gestrichelt eingezeichnet. Die kleinen Fehler, die durch diesen Ersatz der  $e$ -Funktionen durch zwei Geraden entstehen, wirken sich entgegen und heben sich fast auf, da in dem einen Falle während der Zeit  $a$  die Gerade unterhalb der  $e$ -Funktion liegt, während der Zeit  $b$  jedoch etwa in demselben Maße über der Abkühlungskurve verläuft. Hierdurch ist gewährleistet, daß das Relais den Motor bei Nennstrom auch dann schützt, wenn die relative Einschaltdauer überschritten wird. Letzteres kann z. B. der Fall sein, wenn zwar die Betriebszeit  $a$  eingehalten wird, die Ruhepause  $b$  jedoch zu kurz bemessen wird.

Die gewählte Anordnung hat ferner den Vorteil, daß die Hochlaufzeit des Relais stromabhängig ist. Bei einer Belastung, die unterhalb der Nennleistung liegt, steigt infolge der geringeren Strombelastung die zulässige Einschaltdauer des Motors und infolge des jetzt geringeren Stromspulendrehmomentes auch die Hochlaufzeit des Relais. Es ergibt sich hierbei, wie die nachfolgende Berechnung zeigen wird, daß die Laufzeit des Relais mit geringer werdendem Motorstrom nur ein wenig langsamer anwächst als die zulässige Einschaltzeit. So wird beispielsweise bei einer bestimmten Stromstärke schließlich der Fall eintreten, daß die Maschine im Dauerbetrieb gefahren werden kann, ohne daß ihre Wicklungen die zulässige Grenzerwärmung überschreiten, d. h.  $a$  darf unendlich groß werden. Dabei wird sich zeigen, daß

stets bei einer etwas geringeren Stromstärke als dieser auch die Laufzeit des Relais unendlich groß wird. Letzteres tritt ein, wenn  $M_I \leq M_U$  wird, die Ferrarisscheibe also in Ruhe bleibt. Hierdurch ist einmal mit einer gewissen Sicherheit gewährleistet, daß der Schutz vor thermischer Überbelastung der Wicklungen bei allen vorkommenden Betriebsmöglichkeiten gegeben ist, zum anderen aber auch der vollen Ausnutzung des Motors bei den verschiedenen Belastungen praktisch keine Grenzen gesetzt sind.

**Vergleich der Erwärmungszeiten des Motors und Laufzeiten des Relais bei beliebiger Belastung**

Um den rechnerischen Beweis zu erbringen, gehen wir von den Erwärmungsgleichungen des aussetzenden Betriebes aus<sup>2</sup>. Bezeichnen wir mit  $T_a$  die Erwärmungszeitkonstante und mit  $T_b$  die Abkühlungszeitkonstante des Motors, so wird

$$\frac{\vartheta_{min}}{\vartheta_{max}} = e^{-b/T_b} \tag{1}$$

$$\frac{\vartheta_{\infty}}{\vartheta_{max}} = \frac{e^{a/T_a} - e^{-b/T_b}}{e^{a/T_a} - 1} \tag{2}$$

Hierbei wollen wir berücksichtigen, daß  $T_b$  stets größer als  $T_a$  sein wird, da während der Ruhezeit  $b$  die Kühlung durch den Lüfter fortfällt, und setzen für die folgende Überschlagsrechnung

$$T_b = 1,5 T_a \tag{3}$$

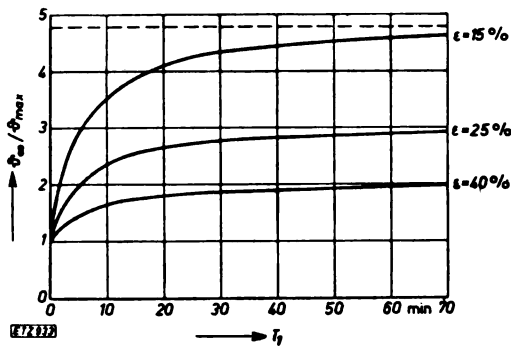
Unter dieser Voraussetzung ergeben sich aus Gl. (2) die in Bild 3 dargestellten Kurven für das Verhältnis der (theoretischen) Enderwärmung  $\vartheta_{\infty}$  zur maximal im Aussetzbetrieb erreichten Erwärmung  $\vartheta_{max}$  als Funktion der Zeitkonstanten  $T_a$ , d. h. als Funktion der Motorgröße. Die 3 Kurven gelten für 3 verschiedene Werte der relativen Einschaltdauer  $\epsilon = 15, 25$  und  $40\%$  und alle für eine Spieldauer von 10 min. Aus Bild 3 ist zu erkennen, daß von einer Motorgröße an aufwärts, die einer Zeitkonstanten von etwa 30 min entspricht, keine wesentliche Zunahme des Wertes  $\vartheta_{\infty}/\vartheta_{max}$  mehr eintritt. Die Grenzwerte für sehr große Maschinen lassen sich mit  $T \rightarrow \infty$  aus Gl. (2) bestimmen:

$$\frac{\vartheta_{\infty}}{\vartheta_{max}} = 1 + \frac{b}{a} \frac{T_a}{T_b} \tag{4}$$

Um möglichst schwierige Bedingungen für die Arbeit des Relais zu konstruieren, nehmen wir den am Ende der in Bild 1 gezeichneten Erwärmungskurven dargestellten Fall an, daß der Motor nach längerer Betriebszeit die Erwärmung  $\vartheta_{max}$  erreicht hat und sich anschließend während der Zeit  $b$  auf  $\vartheta_{min}$  abgekühlt hat. Der Auslöserstift des Schneckenrades im Relais liegt dann am oberen Anschlag an. Der Motor wird nunmehr mit geringerem Strom als dem Nennstrom neu eingeschaltet. Wir fragen nun, wie groß 1. die Erwärmungszeit  $t_e$  bis zum Erreichen der zulässigen Grenzerwärmung  $\vartheta_{max}$  bei beliebigem Strom  $I = n \cdot I_n$  und 2. bei gleichem Strom die Laufzeit  $t_r$  des Relais bis zum Abschalten ist. Zur Berechnung der Erwärmungszeit  $t_e$  müssen wir die Beziehung zwischen der Erwärmung im Dauerbetrieb  $\vartheta_{\infty}$  und der Stromstärke  $I$  kennen. Maßgebend für die Erwärmung der Ständerwicklung sind in erster Linie ihre Kupferverluste, die infolge der Widerstandszunahme der Wicklung mit der Temperatur stärker als proportional dem Quadrat der Stromstärke anwachsen. Andererseits wird aber die Ständerwicklung auch indirekt von den belastungsunabhängigen Eisenverlusten erwärmt, so daß für den hier interessierenden Bereich mit guter Näherung gesetzt werden kann

$$\frac{\vartheta_{\infty}}{\vartheta_{\infty n}} = \left(\frac{I}{I_n}\right)^2 = n^2 \tag{5}$$

<sup>2</sup> Vgl. z. B. R. Richter: Elektrische Maschinen, Bd. 1, S. 360, Springer-Verlag, 1924.



Die Kurven gelten für eine Spieldauer von 10 min und ein Verhältnis der Abkühlungs- zur Erwärmungszeitkonstanten von 1,5.  
Bild 3. Verhältnis der Erwärmung im Dauerbetrieb zur höchsten Erwärmung im Aussetzbetrieb abhängig von der Motorgröße (der Erwärmungszeitkonstanten).

wobei  $\vartheta_{\infty n}$  die Dauererwärmung bei Nennstrom bedeutet. Die Erwärmungszeit  $t_e$  für den Erwärmungsanstieg von  $\vartheta_{\min}$  bis  $\vartheta_{\max}$  wird dann:

$$t_e = T_a \ln \frac{n^2 \vartheta_{\infty n} - \vartheta_{\min}}{n^2 \vartheta_{\infty n} - \vartheta_{\max}} \quad (6)$$

Setzen wir diese Zeit in Beziehung zu der Betriebszeit  $a$  des aussetzenden Betriebes bei Nennstrom, so wird:

$$\frac{t_e}{a} = \frac{T_a}{a} \ln \frac{n^2 \frac{\vartheta_{\infty n}}{\vartheta_{\max}} - \frac{\vartheta_{\min}}{\vartheta_{\max}}}{n^2 \frac{\vartheta_{\infty n}}{\vartheta_{\max}} - 1} \quad (7)$$

Das aus Gl. (7) berechnete Verhältnis  $t_e/a$  ist für die 3 Werte  $\epsilon = 15, 25$  und  $40\%$  in Bild 4a, b und c abhängig von der relativen Strombelastung  $n = I/I_n$  aufgetragen. Hierbei gilt jeweils die steilere der beiden ausgezogenen Kurven für einen relativ kleinen Motor mit  $T_a = 5$  min,  $T_b = 7,5$  min, während sich die rechte Kurve auf sehr große Maschinen ( $T_a > 30$  min,  $T_b > 45$  min) bezieht. Die in Gl. (7) einzusetzenden Werte für  $\vartheta_{\infty n}/\vartheta_{\max}$  und  $\vartheta_{\min}/\vartheta_{\max}$ , die für den Nennbetrieb gelten, wurden dabei für kleine Maschinen nach den Gl. (1) und (2) berechnet. Für große Maschinen kann Gl. (7) durch Einsetzen von  $\vartheta_{\infty n}/\vartheta_{\max}$  aus Gl. (3) und  $\vartheta_{\min}/\vartheta_{\max}$  aus Gl. (1) und anschließenden Grenzübergang mit  $T \rightarrow \infty$  noch vereinfacht werden zu

$$\frac{t_e}{a} = 1 \left/ \left[ n^2 - (1 - n^2) \frac{a}{b} \frac{T_b}{T_a} \right] \right. \quad (8)$$

Nach dieser Gleichung wurden jeweils die rechten der beiden ausgezogenen Kurven berechnet.

In den Bereichen zwischen den beiden Kurven liegen also die Erwärmungszeiten praktisch aller vorkommenden Motorgrößen.

Für die Berechnung der Laufzeit  $t_r$  des Relais bei beliebigen Stromstärken gehen wir wieder vom Nennbetrieb aus. Bei Nennstrom ist  $t_r = a$ , und die Drehmomente während der Vor- und Rücklaufzeiten verhalten sich umgekehrt wie die Laufzeiten:

$$\frac{M_{in} - M_u}{M_u} = \frac{b}{a} \quad (9)$$

Daraus folgt mit  $\epsilon = a/(a+b)$ :

$$M_u = \epsilon M_{in} \quad (10)$$

Für einen beliebigen Strom  $I = n \cdot I_n$  gilt

$$M_j = n^2 M_{in} \quad (11)$$

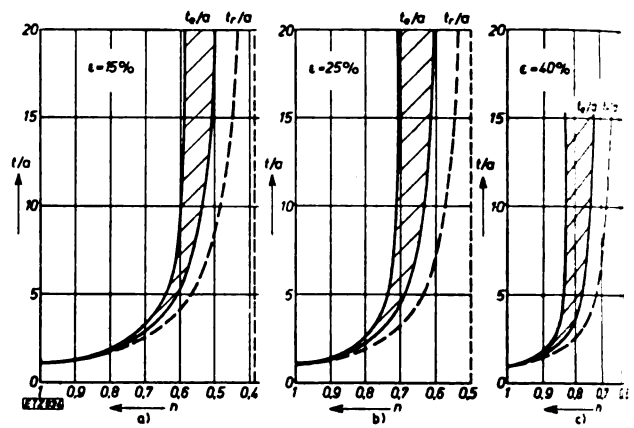


Bild 4a ... c. Vergleich der Erwärmungszeiten  $t_e$  mit den Laufzeiten  $t_r$  des Relais.

$$\text{und } \frac{t_r}{a} = \frac{M_{in} - M_u}{M_j - M_u} \quad (12)$$

woraus nach Einsetzen von (11) und (10) folgt:

$$\frac{t_r}{a} = \frac{1 - \epsilon}{n^2 - \epsilon}$$

Die sich aus dieser Beziehung ergebende Laufzeitverzögerung  $t_r/a$  des Relais wurde ebenfalls abhängig von  $n$  in den Bildern 4a, b und c als gestrichelte Kurven eingetragen. Diese Bilder lassen das Verhalten des Relais so deutlich erkennen, daß sich eine Diskussion erübrigt.

Eine interessante Beziehung läßt sich noch aus dem Vergleich zwischen Gl. (8), die für große Maschinen gilt, und Gl. (13) erkennen: Wird in Gl. (8)  $\epsilon$  aus der Beziehung  $\epsilon = a/(a+b)$  eingeführt, so läßt sie sich umformen in:

$$\frac{t_e}{a} = \frac{1 - \epsilon}{n^2(1 - \epsilon) - (1 - n^2) \frac{T_b}{T_a}} \quad (13)$$

Diese Gleichung geht für  $T_b = T_a$  über in Gl. (13); d. h. in diesem Falle deckt sich die Laufzeit des Relais bei jeder Belastung mit der zulässigen Erwärmungszeit.

Da die Abkühlungszeitkonstante  $T_b$  jedoch nie kleiner sein wird als die Erwärmungszeitkonstante  $T_a$ , so dürfte hiermit bewiesen sein, daß das Relais für normale Motoren bei allen Belastungen bis zur Nennleistung einen sicheren Schutz gegen thermische Überlastung der Wicklung bietet.

Wird der Motor über seine Nennleistung des aussetzenden Betriebes hinaus belastet, so wird die Abschaltzeit des Relais nicht mehr in dem Maße verkürzt, wie die zulässige Betriebsdauer abnimmt. Bei starker Überlastung der Maschine kann daher der Fall eintreten, daß die Wicklungserwärmung des Motors kurzzeitig die Grenzerwärmung überschreitet. In diesem Fall wird der Motor jedoch von den vorgeschalteten Sicherungen bzw. dem Motorschutzschalter geschützt, die auch den Kurzschlußschutz übernehmen müssen. Andererseits kann auch die Einstellung der Laufzeit des Relais einem Betrieb mit erhöhter Nennleistung angepaßt werden.

Abschließend sei noch bemerkt, daß das Relais auch anstelle des gewöhnlichen Motorschutzschalters für den Motorschutz bei Dauerbetrieb verwendet werden kann, wenn die Einstellung so wählt, daß bei Nennbetrieb  $M_u = M_j$  wird. Die Abhängigkeit des Rückstellmomentes  $M_u$  von Änderungen der Netzspannung kann eingeschränkt werden, wenn man das Spannungssystem so auslegt, daß das Spannungseisen bei Nennspannung gesättigt ist. Die Laufzeit des Relais wird hierbei auf die für den Kurzschlußschutz erforderliche Einschaltzeit abgestimmt.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311 (73)

**100 MW-Einheit im Dampfkraftwerk Moss Landing.** [Nach Electr. West 105 (1950), S. 74; 2 S. 6 B.]

Im Dampfkraftwerk Moss Landing wurde am 20. 4. 1950 der erste von 3 Maschinensätzen für 100 MW in Betrieb genommen. Die beiden übrigen Maschinensätze werden in Kürze folgen. Nach dem Endausbau ist dieses Kraftwerk das größte der Pacific Gas & Electric Co., die dann über 862,5 MW installierte Leistung verfügt. Das neue Kraftwerk erhält insgesamt 6 Kessel für 216 t Dampf je Stunde. Die Dampfdrucke sind 94 kg/cm<sup>2</sup>, 509 °C. Die Turbogeneratoren laufen mit 3 600 U/min. Die Kessel können Öl, Naturgas und Staubkohle verwerten. Der Hafen von Moss Landing liefert das Kühlwasser für die Kondensatoren. Die Generatorspannung wird durch Transformatoren auf 110 und 220 kV umgespannt. Die Schaltanlage ist in Freiluftbauweise erstellt. Vorteilhaft ist bei dem Werk die gute Ausbaumöglichkeit. Die Überwachungseinrichtungen sind in der Warte übersichtlich zusammengefaßt.

Tsch

DK 621.315.17

**Neues Verfahren beim Bau einer Hochspannungsleitung.** Nach Electr. Wld., N. Y., 135 (1951) H. 3, S. 66; 2 S., 3 B.]

Bei Bodenuntersuchungen in der Sandwüste von Los Angeles wurde festgestellt, daß eine eingearbeitete Mannschaft von 4 Mann etwa 5 Tage braucht, um die Fundamente für die 4 Fußpunkte eines Hochspannungsmastes herzustellen. Am meisten Zeit nimmt das Graben der Löcher in dem ständig nachrieselnden Sand in Anspruch. Diese Schwierigkeit konnte durch Verfestigen des Sandes mit Hilfe von Natriumsilikat (Natron-Wasserglas) und Natriumbikarbonat überwunden werden.

Auf zwei Lastwagen sind große Behälter mit den Lösungen aufgebaut. Die Anhänger tragen Reservetanks und die Pumpen zum Mischen der Lösungen und Druckpumpen um Einspritzten der Flüssigkeit in den Boden. Etwa 3,5 m lange „Injektionsnadeln“ werden senkrecht in den losen und gestoßen. Während des Zurückziehens werden durchschnittlich 50 bis 75 l/m Flüssigkeit in den Sand gespritzt. Je nach dem Durchmesser eines Fußpunktes sind 4 bis 16 um einen Kreisumfang angeordnete Einspritzungen nötig, im ganzen also etwa 700 bis 2300 l Lösungen (Bild 1). In etwa einer Stunde ist der Sand ausreichend fest, so daß man mit Hilfe eines gewöhnlichen Erdbohrers, der ebenfalls auf einem

Lastwagen montiert ist, zylindrische Bohrungen niederbringen kann, die dann einfach mit Beton ausgegossen werden. Beste Ergebnisse erzielt man aber, wenn man 3 Tage zwischen Einspritzten und Bohrung vergehen läßt.

Mit Hilfe dieses Verfahrens ist eine eingebaute Mannschaft von 4 Mann imstande, täglich bis zu 16 Fußpunkte für die Bohrung vorzubereiten. Folgendes Rezept hat sich unter den gegebenen Verhältnissen als am günstigsten erwiesen: 12 Raumteile Natriumsilikat werden in 60 Raumteile Wasser gelöst. Unmittelbar vor dem Einspritzen wird diese Flüssigkeit mit 28 Raumteile einer 6,6 prozentigen Natriumbikarbonatlösung gemischt.

WH

## Elektrische Maschinen

DK 621.825 : 621.318.387

**Elektrodynamische Schlupfkupplungen.** [Nach H. Giesbergs: De Ingenieur 62 (1950), S. E. 27; 6 S., 10 B.]

Schlupfkupplungen zur Übertragung der Leistung, wie sie z. B. die Firma ASEA entwickelt hat, sind lange bekannt und werden auf zahlreichen Schiffen gebraucht. Die Schlupfkupplung ersetzt die mechanische Kupplung und kann auf Grund des Verlaufes ihrer Drehzahlkennlinie nicht zur Drehzahlregelung herangezogen werden.

Der Verfasser beschreibt, bezugnehmend auf die englischen Unterlagen, die Schlupfkupplungen, welche zur Drehzahlregelung verwendet werden. Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten, muß die Drehzahlkennlinie der Kupplung einen stark abfallenden Verlauf haben. Diesen erreicht man durch Verwendung eines massiven sekundären Teils ohne jede Wicklung. Die entstandenen Wirbelströme erhöhen den sekundären Widerstand und geben damit die gewünschte Abflachung der Drehzahlkennlinie. Die gewünschte Drehzahl wird durch Änderung der Erregung des primären Teils eingestellt. Der Aufsatz enthält 2 Lichtbilder mit der Anwendung der gleichen Kupplungen für die Drehzahlregelung: einen 10-t-Laufkran und einen Unterwindventilator einer Kesselanlage. Besondere Aufmerksamkeit gibt der Verfasser dem letzten Fall, weil dort durch Kombination der Polumschaltung mit der regelbaren Kupplung eine sehr wirtschaftliche Regelung erreicht werden kann. Für eine Leistung von 200 PS und Regelung bis auf 80% der Nenn-drehzahl bei quadratisch abnehmendem Drehmoment gibt der Verfasser folgende Werte des Wirkungsgrades an: Schleifringmotor mit Widerstandsregelung, sowie die regelbare Kupplung 72%; Drehstromkommutatormotor 82%; Leonardschaltung 69% und Motor mit gesteuertem Gleichrichter 81%.

(Die regelbare Schlupfkupplung ist im Wesen ein Schleifringmotor mit Widerstandsregelung und besitzt als solcher alle seine Vor- und Nachteile. Neben der Kupplung muß in der Anlage noch ein Antriebsmotor, sowie der Erreger vorhanden sein. Die Kosten der Anlage sollten sich nicht viel von dem Schleifringmotor mit den Widerständen unterscheiden. Der Verlauf der Drehzahlkennlinien der regelbaren Kupplung ist in bezug auf die Stabilität immer ungünstiger als derselbe beim Schleifringmotor. Auch die angeführten Werte des Wirkungsgrades entsprechen nicht ganz der Wirklichkeit. Bei dem Wirkungsgrad des Schleifringmotors von 72% sollte der Wirkungsgrad der Kupplung mit dem Motor wegen der dazukommenden mechanischen und Erregerverluste der Kupplung sicher niedriger sein und 70% nicht überschreiten. Der Wirkungsgrad des Drehstromkommutatormotors soll etwa 86% betragen).

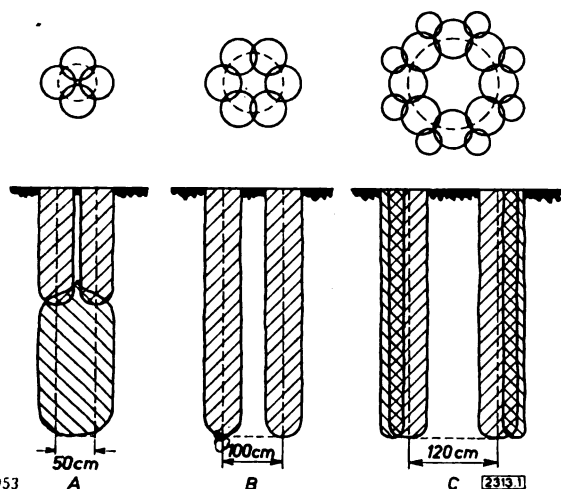
Sy

## Kabel und Leitungen

DK 621.315.28

**Unbewehrtes Seekabel mit abgestuften Leiterquerschnitten.** [Nach F. G. Hammer u. G. M. Doyal: Electr. Wld. 134 (1950) H. 17, S. 91; 3 S., 6 B.]

Es wird über die Planung und Verlegung von zwei 15 kV-Seekabeln berichtet, welche die Insel Santa Rosa (Florida) über eine 3 km breite Meerenge hinweg mit elektrischer Energie versorgen. Zur Verbilligung dieser Kabel wurde ihr Leiterquerschnitt so abgestuft, daß sich im Be-



Durchmesser eines Fußpunktes cm	Zahl der Einspritzungen je Kreisumfang		Insgesamt l/m	Anordnung s. Bild
	Anzahl	l/m		
50	4	60	240	A oder B
65	5	75	375	A oder B
80	6	90	540	B
100	7	100	700	B
120	8	120	960	C
	8	60	480	

Bild 1. Anordnung der Einspritzstellen und Lösungsbedarf.

trieb trotz der sehr unterschiedlichen Umgebungstemperaturen und Wärmeableitungsverhältnisse in allen Kabelteillängen ungefähr die gleichen Leitertemperaturen ergeben. Ein Vergleich verschiedener Aufteilungsmöglichkeiten nach Länge und Querschnitten ergab, daß mit den in der Tafel angegebenen Werten die geringsten Herstellungs- und Verlegungskosten erreicht werden konnten.

Aufteilungsplan für zwei 15 kV-Kabel (Dreileiter)

Verlegestelle	Umgebungstemperatur °C	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Länge m	Gewicht kg/m	
Strand	Nord	50	127	46	12,8
Küstenwasser	Nord	40	53	340	8,6
tiefe Wasser	Nord	30	34	1460	7,7
tiefe Wasser	Süd	30	34	850	7,7
Küstenwasser	Süd	40	53	180	8,6
Strand	Süd	50	127	46	12,8

2922

Da bei einem Massekabel der Korrosionsschutz des Bleimantels gegenüber dem chemisch aggressiven Seewasser und den an der Verlegestelle vorhandenen tierischen Schädigungen zu schwierig erschien, wurden gummiisierte Kabel mit einem Neopren-Mantel verwendet.

Weiterhin wurde auf den mechanischen Schutz, den eine Bewehrung aus Stahldrähten bei der Verlegung und im Betrieb gegebenenfalls bietet, verzichtet, da hierdurch eine wesentliche Gewichts- und Kostenersparnis erreicht wird. Die Verfasser vertreten die Ansicht, daß bei den beschriebenen Kabeln der Nachteil der fehlenden Bewehrung durch eine sorgfältige Verlegetechnik wettgemacht wurde; darüber hinaus wird darauf hingewiesen, daß eine Bewehrung nach wenigen Jahren Betriebszeit nur noch einen geringen Schutz für das Kabel bietet. Hm

DK 621.315.34 : 621.315.616

**Fernmeldeleitungen mit Neoprenmantel.** [Nach C. C. Lawson : Wire & W. Prod. 25 (1950) S. 829; 6. S., 7 B.]

Am Beispiel einer Hausanschlußleitung (drop wire) werden die Vorteile herausgearbeitet, die bei wetterfesten Leitungen ein lückenloser Mantel aus Neopren-Kunstkautschuk gegenüber den bisher üblichen asphaltierten Textilumhüllungen hat. (Die Anwendung von Leinöl-Mennige-Tränkmassen wird im vorliegenden Aufsatz nicht erwähnt.) Wenn auch die Verrottung letzterer Schutzschichten unter milden Bedingungen erst nach etwa 15—20 Jahren zu einem Ausfall der gesamten Leitung führen dürfte, so wurden doch immer wieder Fälle bekannt, daß schon nach 2 Jahren Versager eintraten. Als nun 1939 der Kunstkautschuk Neopren auf dem Markt erschien, gewann er auf Grund seiner Widerstandsfähigkeit gegen Lichtstrahlung und Ozonwirkung sowie seiner Abriebfestigkeit Interesse als Grundstoff für Schutzhüllen von wetterfesten Leitungen. Seit 1940 wurden entsprechende Probelängen mit Gummi-Isolierung und Neoprenmantel in trocken-heißen, feuchtwarmen und in baumreichen Gegenden bewittert. Die günstigen Erfahrungen mit diesen Probelängen führten seit 1945 zum laufenden Einsatz von Neopren, wobei sich besonders ein Typ mit folgendem Aufbau praktisch gut bewährt: 2 parallel geführte, gummiisierte Leiter sind mit einem schmalen Gummisteg verbunden; die Doppelader erhält eine Textilbeflechtung oder Bespinnung; darüber wird ein Neoprenmantel von 1 mm Wandstärke aufgebracht. Der Steg dient der leichten Auftrennbarkeit, die Bespinnung stellt einen ausreichenden Druckschutz gegen die Einwirkung der Abfangklemmen dar, außerdem erleichtert sie das Abmanteln. Der Neoprenmantel muß der ASTM-Norm (Serial Designation D 752) genügen mit einem Gehalt an Neopren-Polymeren von etwa 45 bis 50% bei einem Rußanteil von etwa 25—30% der Gesamtmenge. Gewisse Wachszusätze verbessern dabei die Lichtrißbeständigkeit. Weil eine geschlossene wasserfeste Hülle ihre Schutzwirkung nur dann verlieren kann, wenn sie durch mechanische Beschädigung oder durch Alterung rissig wird, so hat man die Alterungserscheinungen in dieser Hinsicht sorgfältig beobachtet. Eine Prüfung der natürlichen Alterung der Neoprenmäntel über 9 Jahre ergab eine leichte Versteifung mit einer Zunahme der Festigkeit auf etwa 125% des Ausgangswertes, während die Dehnung nach einem Abfall auf 60% im ersten Jahre in der gesamten Beobachtungszeit nur auf 40% des Ausgangswertes zurückging. In den letzten 5 Jahren sind die Störungen an Einführungs-

leitungen durch schrittweisen Austausch der Leitungen alter Bauart gegen solche mit Neoprenmantel auf etwa 35% zurückgegangen. Die ausgezeichneten Erfahrungen mit dieser Hauseinführungsleitung lassen sich natürlich auch auf andere Typen wetterfester Leitungen übertragen. Le

DK 621.315.212.1.013.015

**Bestimmung einiger Potentialfelder in Kabeln an Modellen aus halbleitendem Papier.** [Nach W. Claubnitzer und H. Heumann : F & G-Rundschau 1950, S. 122; 5 1/2 S., 10 B.]

Es wird über Feldstärkenverhältnisse an der Leiteroberfläche von Einleiterkabeln, soweit sie sich aus der geometrischen Anordnung ergeben, berichtet. Hierbei wurden die Äquipotentiallinien der untersuchten Kabelfelder mit der von den Verfassern entwickelten Meßmethode bestimmt, die es gestattet, elektrische Felder mit Hilfe von halbleitenden Schichten<sup>1</sup> in ähnlicher Weise wie im elektrolytischen Trog auszumessen. Aus diesen Messungen kann dann angenähert die Feldstärke als Verhältnis der Spannungsdifferenz zum Abstand zwischen zwei Äquipotentiallinien bestimmt werden.

Bild 2 zeigt als Ergebnis einer derartigen Messung das Polardiagramm der Feldstärken am Leiter, und zwar einmal (— — —) wenn ein homogenes Dielektrikum für das betrachtete Kabel angenommen wird, und zweitens (—), wenn berücksichtigt wird, daß sich in den Zwickelräumen zwischen den Drähten Isolieröl mit einer kleineren Dielektrizitätskonstanten als das ölgetränkte Papier der Kabelisolierung befindet. Wie zu erwarten, tritt dann in den dünnen Ölschichten neben den Drahtkuppen eine starke Feldstärkenerhöhung auf.

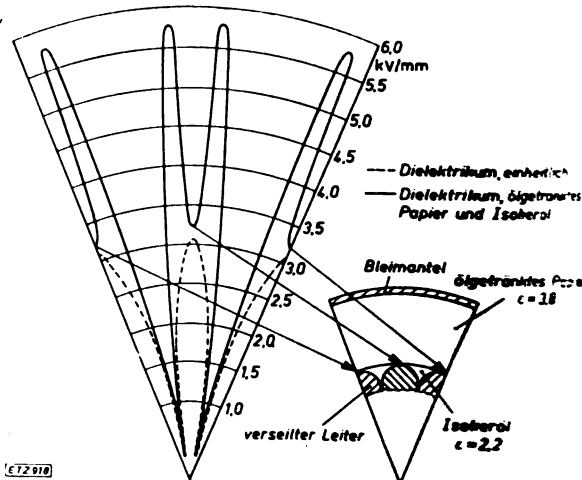


Bild 2. Feldstärkeverteilung in einem Einleiterkabel (10 kV) an der Oberfläche des Leiters.

Das Ergebnis der weiteren durchgeführten Messungen läßt sich in folgender Weise zusammenfassen:

1. Die Feldstärke auf den Drahtkuppen eines aus Einzeldrähten verdrillten Leiters steigt mit abnehmendem Durchmesser der Drähte in der obersten Lage des betrachteten Leiters.
2. Der Sprung der Dielektrizitätskonstanten in der Nähe der Leiteroberfläche eines Kabels bedingt zwei Feldstärkenmaxima neben jeder Drahtkuppe.
3. An der Überlappungsstelle eines Höchstädiert-Papieres, dessen Metallblech einen verdrillten Leiter abschirmt, tritt eine starke Feldstärkenerhöhung auf. Derartige Abschirmungen werden daher zweckmäßig anstoßend gewickelt. Hm

**Meßgeräte und Meßverfahren**

DK 621.317.76

**Eichung von Elektrizitäts-Meßgeräten**

Nr. 606<sup>2</sup> Elektrizitätszähler für mehrphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	D22It	212 213

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 ist die von der Siemens Societ  per Azioni

<sup>1</sup> Z. angew. Phys. 23 (1950) S. 443.  
<sup>2</sup> Auszug aus Elektrizitätswirtsch. 50 (1951) H. 4. S. 116

in Mailand, Italien, hergestellte Elektrizitätszählerbauart der Form D22It als Großbereichszähler zur Eichung unter der angegebenen Zulassungsbezeichnung zugelassen worden.

Braunschweig, den 31. 8. 1950.

Nr. 607<sup>1</sup> Elektrizitätszähler für einphasigen Wechselstrom

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	J6G	<b>212</b>
		<b>212</b>

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 ist die von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin hergestellte Elektrizitätszählerbauart der Form J6G als Großbereichszähler zur Eichung unter der angegebenen Zulassungsbezeichnung zugelassen worden.

Braunschweig, den 28. 10. 1950.

Nr. 608<sup>2</sup> Elektrizitätszähler für Drehstrom mit Nulleiter

Gattung	Form	Zulassungsbezeichnung
212	EM8a	<b>212</b>
		<b>200</b>

Auf Grund des § 933 der Eichordnung vom 24. Januar 1942 ist die von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg hergestellte Elektrizitätszählerbauart der Form EM8a einschließlich einer Anzahl von Nebenformen als Großbereichszähler zur Eichung unter der angegebenen Zulassungsbezeichnung zugelassen worden. Die Nebenformen, auf die die Zulassung erstreckt, haben die Formzeichenzusätze R, ... K, ... L, ... RL, ... KL, ... f, ... fL, ... S, ... G und ... RG.

Braunschweig, den 28. 10. 1950.

Der Präsident  
der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt  
i. V. Scheibe

DK 621.314.224.3

**Wandler-Stromwandler.** [Nach G. Camilli: Electr. Engng. (1950) S. 882; 3 S., 7 B.]

Camilli gibt eine kurze Übersicht über die verschiedenen Verfahren zur Verbesserung der Eigenschaften von Wandler-Stromwandlern. Die Wandler zeichnen sich durch Einfachheit, leichte Einbaumöglichkeit und Verwendbarkeit bei den höchsten Spannungen aus, haben aber den Nachteil, daß ihre Meßgenauigkeit bei Nennströmen unter 1000 A wegen der geringen AW-Zahl nur gering ist. Es werden folgende Verfahren zur Verkleinerung der Fehler aufgeführt: 1. Verkleinerung des Magnetisierungsstromes  $I_m$  durch Anwendung von Ni-Fe-Kernen ( $I_N$  bis 500 A herab).

Zwei Kerne mit ungleicher sekundärer Windungszahl. Die Kerne arbeiten nicht mehr im untersten Teil der  $I_m$ -Kurve, sondern mit Induktionen, bei denen  $\mu = \max$ . ist. Zweistufenwandler: Der erste Teilwandler erzeugt den maximalen Sekundärstrom  $I_2$ ; der zweite wird von  $I_1$  und  $I_2$  gespeist und erzeugt daher in einer dritten Wicklung einen Strom, der  $I_m$  entspricht. Das Meßgerät hat zwei Stromwicklungen, deren eine von  $I_2$ , die andere von  $I_m$  durchfließen wird. Dadurch werden die Felder des Wandlers, die von  $I_m$  herrühren, kompensiert (Brooks & Holtz).

Die anormale Meßgerät läßt sich vermeiden durch einen Zweistufenwandler, der  $I_2$  und  $I_m$  kombiniert. 4. Winkeländerung von  $I_m$ : Ein Hilfskern mit kleinem Querschnitt magnetisiert mit hohem  $B$  und erzeugt einen in der Phase stark vorgezogenen Strom, mit dem der Hauptkern zusätzlich erregt wird. Damit wird der Fehlwinkel  $\delta$  reduziert. Der Fehlwinkel  $F$  wird durch die Windungszahl ausgeglichen (Billing-Mayo) ( $I_N$  bis 600 A herab). 5. Streckung der  $I_m$ -Kurve. Verläuft  $I_m$  linear und prop.  $I$ , so sind  $F$  und  $\delta$  konstant und können durch bekannte Maßnahmen klein gehalten werden. Eine Hilfsreaktanz, die im Bereich der Kurve arbeitet, wird parallel zur Bürde geschaltet. Dadurch wird der Einfluß der Krümmung der  $I_m$ -Kurve im unteren

Auszug aus Elektrizitätswirtsch. 50 (1951) H. 5, S. 150.

Auszug aus Elektrizitätswirtsch. 50 (1951) H. 6, S. 179.

teren Teil durch die Wirkung der entgegengesetzten Krümmung im oberen Teil der Kurve ausgeglichen. ( $I_N$  bis 300 A herab, aber nur für eine bestimmte Bürde). 6. Streckung der  $I_m$ -Kurve und gleichzeitige Verminderung von  $I_m$  („Orthomagnetischer Stromwandler“). Bei Zusatzerrregung mit einer höheren Frequenz verhält sich das Eisen für die Netzfrequenz wie ein verbessertes Material;  $F$  und  $\delta$  werden klein und konstant. Als Zusatzerrregung wird ein Strom dreifacher Frequenz einem Transformator mit offener Dreieckwicklung entnommen, der primär in Sternschaltung an Drehstrom liegt.  $\delta$  kann noch durch eine Impedanz an einer Tertiärwicklung,  $F$  durch einen Spartransformator mit Anzapfungen zwischen Sekundärwicklung und Bürde verkleinert werden. Erreichte Werte:  $F = 0,4 \dots 0,5\%$ ,  $\delta = 0$  bis 4 min, von 10 ... 100%  $I_N$ , bei 150/5 A, 15 VA. tz

## Lichttechnik

DK 621.397.62 : 535.371

**Sättigung der Fluoreszenz in Fernsehempfangsröhren.** [Nach A. Brill und F. A. Kröger, Philips techn. Rdsch. 12 (1950) S. 122; 9 S., 7 B.]

Fernsehbildschirme werden zur Erzielung physiologisch weißen Lichtes in der Regel aus einer Mischung eines gelb und eines blau leuchtenden Silikat- oder Sulfid-Phosphors hergestellt. Zeigen diese Leuchtstoffe gleichförmige Charakteristiken, so ist die Farbe des Lichtes, unabhängig von der Intensität, an allen Stellen des Bildes dieselbe. Sind die Charakteristiken der Komponenten nicht gleichförmig, so wird die Farbe des Lichtes von der Belastung abhängig. Dieser recht störende Fehler kann durch Änderung der Aktivatorkonzentration oder durch Einbau von Löschzentren in die eine oder andere der beiden Komponenten vermieden werden. Die bei Benützung eines Gemisches mit gleichförmigen Komponenten bei der Defokussierung des Bündels auftretenden Farbänderungen sind auf den Unterschied in der mittleren Lebensdauer der Aktivatoren, verglichen mit der Zeit, in der eine Zeile des Bildes beschrieben wird, zurückzuführen. Va

DK 628.971.6.003.1

**Kostenvergleich zwischen Glühlampen und Quecksilberdampflampen bei Straßenbeleuchtungen.** [Nach Techn. Rdsch. 43 (1951) H. 12, S. 19.]

Die Verfasser eines Aufsatzes in der „Electrical World“ untersuchen die Wirtschaftlichkeit der Quecksilberdampflampen gegenüber Glühlampen in Straßenbeleuchtungen. Dem höheren Wirkungsgrad der Metalldampflampen stehen demnach doch einige wesentliche Nachteile gegenüber. Einmal ist die Schwierigkeit, bei der größeren Oberfläche der Metalldampflampen die Lichtverteilung ausreichend zu beherrschen. Hierdurch ergibt sich ein recht ungünstiges Verhältnis der maximalen zur minimalen Beleuchtungsstärke. Ferner zeigt auch eine genaue Kostengegenüberstellung bei den üblichsten Straßenbreiten, daß die Glühlampe um 14 bis 15% überlegen ist. Als weitere Mängel werden noch erwähnt der Leistungsfaktor (0,75 ... 0,92) und die Schwierigkeiten bei Stromunterbrechungen. Metalldampflampen verlöschen bei Spannungsschwankungen von unter 15%, benötigen 4 min zur Abkühlung und weitere 4 min bis zum Erreichen der vollen Lichtstärke nach erneutem Start. Ein Faktor, der die Sicherheit des Straßenverkehrs entscheidend beeinflusst. Pj

DK 535.376

**Elektrolumineszenz.** [Nach E. C. Payne, E. L. Mager und Ch. W. Jerome: Illum. Engr., N. Y., 45 (1950), S. 688.]

Gewisse Stoffe lassen sich im elektrostatischen Wechselfeld zur Lumineszenz anregen, das ist eine andere Art der Elektrolumineszenz als die von den Gasentladungslampen bekannte. Der Leuchtstoff wird in feinsten Verteilung in eine dünne dielektrische Schicht (die z. B. auch aus einem Ölfilm bestehen kann) eingebettet und daraus ein Plattenkondensator aufgebaut. Der vorderseitige Kondensatorbelag besteht aus sogenanntem leitendem Glas, das den Lichtaustritt ermöglicht, der rückseitige Belag wird durch eine Metallfolie gebildet. Das leitende Gas besteht aus einem normalen Trägerglas, auf das eine lichtdurchlässige Zinnhaut aufgedampft ist.

Der eintretende Lumineszenzeffekt ist proportional der vom Kondensator aufgenommenen elektrischen Leistung und wächst im übrigen rasch mit der angelegten Spannung und



Frequenz. Die Abhängigkeit wurde untersucht für Spannungen mit Effektivwerten zwischen etwa 100 bis 500 V und bei Frequenzen von 50 bis 4000 Hz. Bei Spannungsänderung wird nur eine Änderung der Lichtintensität, bei Frequenzänderung aber auch eine Änderung der Lichtfarbe beobachtet.

Der neuartige „Leuchtcondensator“ (dessen Wesen und Gesetzmäßigkeit noch weiter erforscht werden muß) kann zur Herstellung leuchtender Zifferblätter, leuchtender Schalter u. dgl. verwendet werden. Auch an die Anwendung bei Leuchtdecken ist gedacht, wobei man allerdings, um ausleuchtende Leuchtdichte zu erhalten, auf Frequenzen von 3000 bis 4000 Hz hinaufgehen müßte.

Über Wirtschaftlichkeit, Beständigkeit, Lebensdauer usw. liegen nähere Angaben noch nicht vor. RGW

DK 621.32

**Dekorative Beleuchtung.** [Nach Illum. Engr., N. Y., 45 (1950), S. 708.]

Die künstlerische und dekorative Erscheinung der Innenräume und ihrer Ausstattung kann durch die Mittel des Lichtes und der Beleuchtung wirkungsvoll gesteigert werden. Man hebt ein Gemälde hervor, setzt eine Skulptur ins rechte Licht, betont eine Lesecke, beleuchtet einen Bücherbord, eine Vitrine usw., um so den schmückenden Gesamteindruck durch Licht und Schatten, Farbe und Glanz zu mehren und zu beleben. Die Lichttechnik wird hier zur Lichtkunst. Wo es auf scharf abgegrenzten, intensiven Beleuchtungseffekt oder auf starke Kontraste ankommt, ist die punktförmige Glühlampe und optisch gerichtetes Licht geeignet; wo weiche Schatten oder besondere Farbwirkungen verlangt sind, bietet die Leuchtstofflampe alle Möglichkeiten. Für die lichtkünstlerische Ausschmückung einer Sitz- und Lesecke wird ein interessantes Beispiel gebracht. Drei in der Zimmerecke verborgene kleine Scheinwerfer erfassen Wandbild, Bücherschrank, Sitzecke und Rauchtisch, heben sie wirkungsvoll hervor und verleihen damit dieser Raumecke die eigenartig-reizvolle Ausprägung, wie sie eben nur durch die Beleuchtung geschaffen werden kann. RGW

DK 621.31 : 535.39 : 615.64

**Schattigkeit und Diffusität der Beleuchtung.** [Nach K. Norden: Illum. Engr. N. Y., 45. (1950), S. 683.]

Schattigkeit und Diffusität sind wichtige Komponenten der guten Beleuchtung; sie sollten mehr, als es bisher geschehen ist, in die Beleuchtungsplanung einbezogen werden. Das gilt besonders für die Industriebeleuchtung, wo je nach Arbeitsart bestimmte Schattigkeit gefordert ist.

Im Innenraum (mit reflektierender Decke und Wand) setzt sich die Beleuchtungsstärke  $E$  aus zwei Teilen zusammen: dem direkten oder „schattigen“ Beleuchtungsanteil  $E_{dir}$ , der von den Leuchten unmittelbar geliefert wird, und dem indirekten oder „schattenfreien“ Anteil  $E_{ind}$ , der von der Wand- und Deckenreflexion herrührt. Die Schattigkeit (Schattenfaktor) ist zahlenmäßig bestimmt durch  $S = \frac{E_{dir}}{E}$ ,

die Diffusität durch  $D = \frac{E_{ind}}{E}$ , wobei  $E = E_{dir} + E_{ind}$  ist.

Die Werte für  $E_{dir}$  kann man für gegebene Lichtverteilung und Lichtpunkthöhe aus der Beleuchtungskurve entnehmen, die man für die typischen Leuchten und die gebräuchlichen Aufhängehöhen ein für allemal bestimmen kann. Das Maximum der Schattigkeit liegt im allgemeinen unter der Lampe, wo  $E_{dir}$  am größten, das Minimum in der Mitte zweier Leuchten, wo  $E_{dir}$  am kleinsten ist. Handelt es sich um eine Beleuchtungsanlage hoher Gleichmäßigkeit, wie sie mit modernen Mitteln möglich und meist auch geschaffen wird, dann kann man für das  $E$  im Nenner des Schattigkeitsquotienten mit genügender Genauigkeit einfach die mittlere Beleuchtungsstärke  $E_m$  einsetzen, die dem Beleuchtungsprojekt zugrundegelegt ist. Auf diese Weise gewinnt der Beleuchtungstechniker die Möglichkeit, auch die Schattigkeit von vornherein in seine rechnerische Planung einzubeziehen.

Allerdings fehlt es noch an Richtzahlen für die Grenzwerte der Schattigkeit. Starke Schattigkeit wird z. B. bei der Prüfung matter Oberflächen, bei der Feilenhauerei, in der Setzerei usw. benötigt, schwache Schattigkeit bei der Ablesung von Zeigerinstrumenten, bei der Schlift- und Politurprüfung u. dgl. Es wird vorgeschlagen, eine Sachverständigenkommission mit der Feststellung der Schattigkeitsgrenzwerte für die verschiedenen Arbeitsarten zu betrauen und die Leuchtenhersteller zur Angabe der typischen Be-

leuchtungskurven ihrer Leuchten zu veranlassen, um so die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Schattigkeitsplanung zu schaffen.

Zur praktischen Nachmessung der Schattigkeit stattet man den üblichen Beleuchtungsmesser (Photozelle) mit einem am Auslegearm beweglichen kleinen Schirm aus, durch den man die schattenbildende Lichtquelle gegen die Meßfläche verdecken kann. Durch Messung mit und ohne Schattenwerfer erhält man  $E_{ind}$  und  $E$  und daraus die Schattigkeit. RGW

## Elektrowärme

DK 674.04 : 674.04

**Holztrocknung mit Elektrowärme.** [Nach R. Czeppek: Elektrowärme-Technik 1 (1950) S. 91, 71/2 S. 13 B.]

Nach kurzem Eingehen auf das bisher übliche Verfahren der Trocknung in gemauerten Kammern wird auf die im Elektrowärme-Institut Essen-Langenberg 1940 ... 1944 geleisteten Vorarbeiten verwiesen, aus denen eine Trocknungsmaschine mit Arbeitstemperaturen um 120 °C hervorgeht. Wegen der sehr wesentlich verkürzten Trocknungszeit (20 ... 25% der ursprünglich in Trockenkammern benötigten Zeit und der automatischen Steuerung des Trockenvorganges stellt die bewegliche Maschine gegenüber der festgebauten Kammer einen wesentlichen Fortschritt dar, mit dem außerdem eine Qualitätssteigerung verbunden ist. Die stark Verkürzung der Trockenzeit gestattet die Verlegung der Trockenzeit in die Nachtstunden, so daß Nachtstrom ausgenutzt werden kann. Trockenkammern sind im allgemeinen dampfbeheizt und trocknen z. B. bei 75 °C während 30 Stunden die gleiche Fichtenholzmenge, die bei Maschinentrocknung mit 115 °C in 7 Stunden durchgeführt werden kann. Als Ergebnis einer Rechnung wird für die Trocknung von 1 m<sup>3</sup> Fichtenholz von 30% auf 8% Feuchte der in Tabelle in kWh umgerechnete Energiebedarf benötigt.

Tafel 1. Energiebedarf in kcal bzw. kWh für Trocknungsvorgang

Vorgang	Trockenkammern		Maschine	
	kcal	kWh	kcal	kWh
1. Aufheizen des Trockengutes	12000	13,9	20800	24,1
2. Verdunstung bzw. Verdampfung der Holzfeuchte	45000	52,4	44000	51,2
3. Erhaltung des Trockenklimas bei der Aufheizung der Charge	1000	1,2	1500	1,8
4. Aufheizung der Kammerwandungen und Inneneinrichtung	25000	29,1	6870	8,1
5. Erwärmung der Zuluft	40000	46,5	—	—
6. Wärmeverluste durch Decken, Wände, Türen	19600	22,6	1600	1,9
7. Gesamtverbrauch	142600	165,7	74770	88,1

Der Fortfall des Postens 5 „Erwärmung der Zuluft“ der Trocknungsmaschine erklärt sich daraus, daß wegen des Arbeitens mit 120 °C der sich bildende Dampf die Luft vollständig verdrängt und nicht nur nicht Luft wie beim Konvektionstrocknungsvorgang im Fall der Trockenkammer geleitet werden muß, sondern sogar überhitzter Dampf geblasen wird.

Der Wirkungsgrad, also das Verhältnis Verdunstung bzw. Verdampfung der Holzfeuchte zu Gesamtverbrauch, gibt für die Kammern 31,6%, für die Maschine 65,6% der angenommenen Anfangsfeuchte von 30%. Für die Kammerheizung kommt Niederdruckdampf, für die Maschine Hochdruckdampf oder elektrischer Strom in Betracht. Dies ist vorzuziehen, wenn keine Hochdruck-Dampferzeugungsanlage vorhanden ist. Durch stufenweise Ein- und Ausschaltung kann bei den für Gewerbebetriebe beträchtlicher Stromverwertung von etwa 20 kW je m<sup>3</sup> den Wünschenswerten Stromversorgung Rechnung getragen werden.

## Elektrische Antriebe

DK 621.35 : 621.313.2 : 621.313

**Gleichrichtergespeiste Antriebsmotoren.** [Nach V. W. P. Electr. Tms. 118 (1950) S. 813; 7 S., 12 B.]

In diesem Aufsatz wird darauf hingewiesen, daß solche Steuerungen mehr sind als einfache Gleichrichterschaltungen zur Versorgung eines Gleichstrom-Nebenschaltens.

aus dem Wechselstromnetz. Die nach diesem „Varionic“ genannten System gebauten Anlagen verwenden mehranodige Gefäße mit Quecksilberkathode und Hilfsbogen. Außer drei Hauptanoden, die durch Gitter gesteuert werden können, sind noch zwei Nebenanoden zur Erzeugung der Feldspannung vorhanden. Die Gittersteuerung durch Überlagerung einer Gitterwechselspannung mit einer Gittergleichspannung wird als „weich“ im Gegensatz zur „harten“ Impulssteuerung bezeichnet. Die Steuerung selbst erfolgt über vormagnetisierte Drosseln (Transduktoren), deren Leistungsbedarf etwa 200 W und deren Zeitkonstante weniger als 0,3 s beträgt.

Der äußere Aufbau mit Leistungstransformator, Gleichrichter und dazugehörigem Steuerteil, Kathodendrossel und Motor entspricht den auch bei uns bekannten Anlagen. Die Ankerspannung beträgt 400... 500 V, die Feldspannung 220 V. Der dreiphasige Anodentransformator ist als Spartransformator mit verschiedenen Anzapfungen zur Anpassung an verschiedene Netzspannungen ausgerüstet. Leistungen bis 10 PS (7,5 kW) und höchste Drehzahlen bis 10000 U/min sind möglich. Die normalen Anlagen nach diesem System sind so eingerichtet, daß das Drehzahlpotentiometer beim Einschalten immer auf der kleinsten Drehzahl stehen, nach dem Ausschalten also wieder dahin zurückgeführt werden muß, weil die Anlagen keine Strombegrenzung besitzen. Diese kann auf Wunsch vorgesehen werden und besteht dann aus einem Relais, das vom Strom betätigt wird und den Zündwinkel entsprechend verschiebt.

Der Drehzahlbereich wird mit 12:1 durch Ankerspannungsänderung und 4:1 durch Feldschwächung angegeben. Bei Mehrmotoren-Antrieben können die Felder der einzelnen Motoren je für sich durch Feldtrimmer eingestellt werden, während die Ankerspannung aller Motoren gemeinsam gesteuert wird. Schnelles Stillsetzen des Motors durch dynamisches Bremsen erfolgt in der üblichen Weise, indem man den Motor als Generator schaltet und auf einen Widerstand arbeiten läßt. Es wird erwähnt, daß Bremsen und Umsteuern auch durch Schaltungen erreicht werden kann, bei denen eine Rückarbeit ins Netz stattfindet. Diese Schaltungen sind besonders für häufiges Umsteuern geeignet, erfordern dann allerdings auch zwei normale Gittersteuerungen.

Zur Beurteilung solcher Antriebe wird darauf hingewiesen, daß die Anschaffungskosten allein nicht den Ausschlag geben dürfen. Steuerung, Gleichrichter, Transformator und Motor bestehen aus Teilen, die praktisch nur keine oder wenig Wartung brauchen. Da andererseits die mit solchen stufenlosen Antrieben ausgerüsteten Maschinen wesentlich besser als vorher ausgenutzt werden können, macht sich häufig ein höherer Anschaffungspreis bezahlt.

In den Abbildungen werden als Anwendungsbeispiele gezeigt: Antrieb für eine Strumpfwirkmaschine, eine Biegemaschine (5 PS), ein Druckwerk (4 PS) und eine automatische Präzisions-Bohrmaschine (2 PS).

An diesem Aufatz ist bemerkenswert, daß man hier wieder versucht, mehranodige Gefäße mit Hilfsbogen auch für kleine Leistungen zu verwenden. Bei uns scheinen sich für diese Größenordnung bis 10 kW einanodige Thyatronen durchzusetzen. Die angegebene höchste Drehzahl von 10000 U/min für einen Gleichstrom-Nebenschlußmotor liegt wesentlich über den bei uns verwendeten 3000... 4000 U/min. Auffällig ist auch der kleine Drehzahlbereich von 12:1 bei Ankerregelung, während man mit bei uns gebauten Anlagen ohne weiteres einen Regelbereich von 50:1 bei 440 V Ankerspannung erreicht. Über die Art der Steuerung, der Strombegrenzung und der Kompensation wird nichts gesagt.

Fernmeldetechnik

DK 621.395.52

**Hörzeichen im Fernsprech-Wählverkehr.** [Nach R. Führer: Fernmeldetechn. Z. 4 (1951) S. 207; 4 S.]

Bislang gab es im Wählverkehr 3 Hörzeichen, nämlich das Amts- oder Wählzeichen (450 Hz, getastet mit Morse-A), das Freizeichen (450 Hz im Takt der Rufabgabe, alle 10 s ein Puls) und das Besetztzeichen (150 Hz, meist Dauerton). Nach eingehenden Diskussionen in dem zuständigen „Beratenden Technischen Ausschuß“ hat die Bundespost die Einarbeitung teilweise neuer, erweiterter Hörzeichen beschlossen.

Wählzeichen und Freizeichen wurden in der bewährten bisherigen Form beibehalten. Die Ausdehnung des Wählverkehrs über verstärkte oder trägerfrequent betriebene Leitungen, welche die Frequenz 150 Hz nicht mehr übertragen,

zwang zur Beseitigung des tiefen Besetzt-Summertones; der Übergang auf 450 Hz (getastet mit Morse-E) war schon früher vom CCIF empfohlen worden. Ein neu eingeführtes Aufschaltzeichen (450 Hz, getastet mit Morse-I) soll den Eintritt der Fernamtsbeamtin ankündigen und so ein unbemerktes Mithören verhindern.

Zusätzlich zu diesen, aus getasteten Summertönen gebildeten Hörzeichen wird in der einzuführenden Landesfernwahl auch ein von einem Draht- oder Lichttonspeicher wiedergegebenes gesprochenes Hörzeichen, die Ortsansage, eine wesentliche Rolle spielen. Der Teilnehmer wird, wenn er künftig seine Fernverbindung mittels Nummernscheibe selbst herstellt, zunächst eine 4stellige Kennzahl für den gewünschten Ort und daran anschließend die Nummer des gewünschten Teilnehmers wählen. In einer Pause zwischen beiden Nummernzügen erhält der wählende Teilnehmer durch die „Ortsansage“ des gewünschten Ortes die Bestätigung, daß er bis dahin richtig gewählt hat und nunmehr den Teilnehmer so weiterwählen kann, als befände er sich am angesteuerten Orte.

Der Verfasser setzt sich eingehend mit technisch-wirtschaftlichen und psychologischen Einwänden von M. Heibel (ETZ 71 (1950) S. 639) gegen die Ortsansage auseinander und kommt zu dem Ergebnis, daß die Einführung dieses neuen Hörzeichens die Betriebsabwicklung in der Landesfernwahl zu vereinfachen, vielleicht sogar zu beschleunigen verspricht. Für die endgültige Einführung soll das Ergebnis von noch anzustellenden Betriebsversuchen maßgebend sein. KI

DK 621.394.33

**Halbautomatische Morsetasten.** [Nach H. Kotthoff: Z. Kurzwellenamateur 1951, S. 132; 8 S., 8 B.]

Die Morsezeichen werden im Amateurfunk fast ausschließlich mit der Hand erzeugt. Zur Vereinfachung der Gebietechnik sind schon viele Arten von halbautomatischen Tasten entwickelt worden. H. Kotthoff gibt ein neuartiges Verfahren für eine solche Taste an. Bei der Betätigung des Tasthebels beginnt das Morsezeichen nicht sofort mit einem Punkt oder Strich, sondern es geht eine Pause voraus, und ein gerade laufender Punkt oder Strich hält sich über seine vorgeschriebene Länge, auch wenn man den Tasthebel bereits vor Beendigung des Punktes oder Striches losläßt oder auf die Gegenseite umlegt. Das Morsezeichen wird dadurch immer einwandfrei herausgegeben.

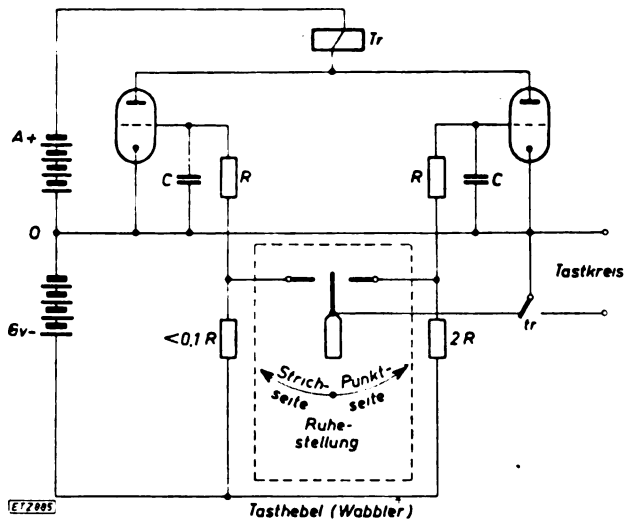


Bild 3. Die rein elektrische Lösung.

Eine rein elektrische Lösung (Bild 3) für dieses Verfahren arbeitet mit RC-Gliedern im Gitterkreis von zwei Trioden-Systemen, die durch Gittervorspannungs-Änderungen das im gemeinsamen Anodenkreis liegende Gleichstrom-Tastrelais steuern. Im Ruhezustand ist die Gittervorspannung an beiden Röhren so hoch, daß der Anodenstrom gesperrt ist. Die Ent- und Aufladung der RC-Glieder wird in Wechselwirkung von Taste und Relais beeinflusst. Die richtige Länge der Punkte, Striche und Pausen zueinander ist durch das in der Abbildung angegebene Verhältnis der Widerstände gegeben. Die Morsegeschwindigkeit wird durch die Zeitkonstante der RC-Glieder bestimmt.

Eine elektromechanische Lösung (Bild 4) arbeitet mit je einer Nockenscheibe für das Punkt- und Strichsystem, die

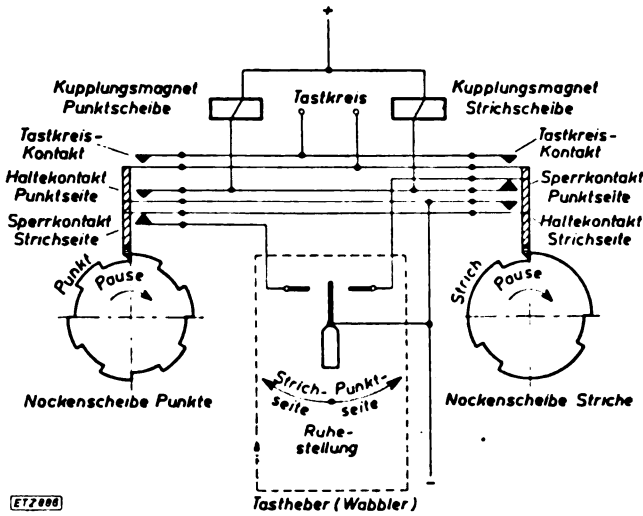


Bild 4. Die elektromechanische Lösung.

durch einen Motor wechselweise entsprechend der Steuerung durch den Tasthebel angetrieben werden. Die Nockenscheiben werden mit dem Antriebsmotor über Elektromagnete gekuppelt. Die Nockenscheiben betätigen Kontakte, die die geforderten Abhängigkeiten und die Zeichengabe bewirken. Die Morsegeschwindigkeit kann durch die Motordrehzahl eingestellt werden. Da die Zeichenelemente rein mechanisch durch die Nocken bestimmt sind, läßt sich mit einer derartigen Taste ein Höchstmaß an exakter Zeichenerzeugung erzielen.

Bra

### Hochfrequenztechnik

DK 621.385.1.029.6

**Ultrakurzwellen-Gasentladungen.** [M. A. Biondi: Electr. Engng. 69 (1950) S. 806; 4 S., 4 B.]

Wird ein Strom der Frequenz  $3 \cdot 10^9$  Hz durch ein Gas geleitet, das so verdünnt ist, daß die Zusammenstöße der Elektronen mit den Gasatomen vernachlässigt werden können, so besteht  $90^\circ$  Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Die Leitfähigkeit ist rein imaginär. Die Dielektrizitätskonstante des Plasmas ist kleiner als 1 und kann bei größeren Elektronendichten sogar negativ werden, so daß die Leitfähigkeit induktiv wird.

Finden Zusammenstöße mit den Gasatomen statt, so läßt sich rechnerisch zeigen, daß die Elektronen im Mittel durch diese Zusammenstöße nicht nur die durch die Gesetze des elastischen Stoßes bedingte Energie verlieren, sondern aus der Hochfrequenzenergie translatorische Energie aufnehmen, z. B. in He bei 200 V/cm pro Stoß im Mittel 8 mV. Solange ihre Geschwindigkeit noch gering ist, nehmen sie beträchtlich mehr Energie auf, als sie verlieren, sammeln also Energie an. Je größer aber ihre Geschwindigkeit wird, um so geringer wird der Energiezuwachs. In dem erwähnten Beispiel wird erst nach mehr als 10 000 Stößen die Ionisierungsenergie des He von 25 eV erreicht, so daß sich ein gutleitendes Plasma bilden kann und die Spannung zusammenbricht. Hiernach ist die UKW-Entladung viel einfacher, als die Niederfrequenzentladung. Denn während es bei dieser die Teile Astonischer und Hittorfscher Dunkelraum, negatives Glimmlicht, Faradayscher Dunkelraum, positive Säule, Anodenglimmhaut gibt, die jeder eine besondere theoretische Behandlung erfordern, ionisiert hier jedes Elektron an der Stelle, wo es schwingt, und es gibt nur ein einheitliches Plasma. Die UKW-Gasentladung ist deshalb sowohl wissenschaftlich, als auch rein technisch sehr wichtig und der Verfasser empfiehlt den Elektroingenieuren dringend, sich näher mit ihr zu befassen. Das so schwierige Problem des elektrischen Durchbruchs von Gasen wurde nach Angabe des Verfassers mit Hilfe obiger Erkenntnisse restlos gelöst.

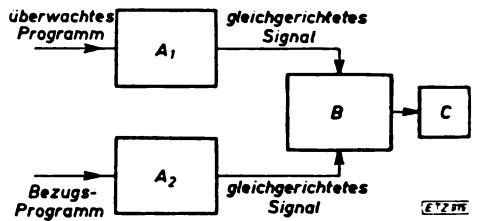
Gsch

DK 621.396 : 654.19 : 534.861

**Entwurf von selbsttätigen Programmwächtern in Sendernetzen.** [Nach H. B. Rantzen, F. A. Peachey und C. Gunn-Russell: Electronic Engng. 23 (1951), S. 19; 9 S., 12 B.]

Die Forderung nach Einsparung von hochwertigem Bedienungspersonal führte bei der British Broadcasting Corporation zur Entwicklung von selbsttätigen Programmwäch-

tern für Sendernetze. Die dabei auftretenden technischen Forderungen lassen sich auf eine Amplitudenmessung des Sendeprogramms zurückführen, wobei abgesehen von Überbrechungen und Senderausfall für die möglichen Störungen der Rauschpegel, die Bandbreite und eine gegebenenfalls auftretende Übersteuerung oder Nichtlinearität beachtet sind. Das Sendeprogramm stellt dabei ein ideales Prüfprogramm dar, da hier mit der Zeit alle möglichen Zusammensetzungen hinsichtlich Lautstärke und Frequenzbereich auftreten. Die Überwachung erfolgt in der Weise, daß die Amplitude des Programms an den beiden Enden der Leitung aufgenommen und verglichen wird. Unterscheiden sich diese beiden Programme, das Bezugsprogramm und das überwachte Programm, um einen bestimmten Betrag hinaus, so wird ein Alarm betätigt. Der Programmwächter muß dabei ansprechen auf Übersteuerung, d. h. bei einem Höchstwert der Lautstärke bei Veränderung der Übertragungsbandbreite, d. h. bei einem Mittelwert der Lautstärke, und bei einem bestimmten Rauschpegel, d. h. bei einem sehr geringen Wert der Laut-



- A<sub>1</sub> Teilprogrammverstärker für das überwachte Programm
- A<sub>2</sub> Teilprogrammverstärker für das Bezugsprogramm
- B Signalvergleicher
- C Alarmgeber.

Bild 5. Blockdiagramm des kleinen Programmwächters

stärke. Die im Wächter verwendeten Verstärker müssen also aus dem gesamten übertragenen Programm diese Lautstärkebereiche selektiv verstärken. Der benötigte Programmfrequenzumfang wird damit von normal etwa 40 db auf weniger als 20 db reduziert. Der hierfür entwickelte Verstärker heißt „Teilprogrammverstärker“. Da Übertragungsverhältnisse stets eine Phasendrehung bedingen, werden die Signale hinter den Verstärkern gleichgerichtet. Diese gleichgerichteten Signale werden im Signalvergleicher miteinander verglichen. Überschreiten dabei die Unterschiede zwischen den beiden Signalen ein bestimmtes Maß, so wird der Alarmgeber ausgelöst. Bild 5 zeigt diesen sogenannten kleinen Programmwächter im Blockdiagramm. Bei ihm wird die Übertragung des Bezugsprogramms eine zweite Leitung benötigt. Praktisch kann er also nur bei relativ kleiner Entfernung verwendet werden.

Zur Übertragung bei großen Entfernungen wurde ein großer Programmwächter entwickelt, der in seinen wesentlichen technischen Grundzügen dem kleinen Programmwächter entspricht. Die beiden Programme werden hier aber über die gleichen Leitung übertragen, indem am oberen Ende des Frequenzbereiches der Übertragungsleitung mit einer Trägerfrequenz von etwa 7500 Hz das Bezugsprogramm übertragen wird, wobei die Bandbreite dieses Trägers etwa 200 Hz beträgt, was für ein genügend einwandfreies Arbeiten des Programmwächters ausreicht und auch bei wesentlichen Störungen des zu überwachenden Programms verursacht.

Atmosphärische Störungen, die zur Auslösung des Alarmgebers führen könnten, werden bei beiden Wächtern durch eine Art Schwebungsabgleich festgestellt und von der Alarmgabe ausgeschlossen.

### Elektroakustik

DK 534.8

**Über den wahren Frequenzgang bei der Aufnahme und Wiedergabe nach dem Magnettonverfahren.** [Nach R. B. Z. angew. Phys. 3 (1951) S. 161; 6 S., 8 B.]

Die zunehmende Anwendung magnetischer Schallzeichnungsverfahren erfordert Maßnahmen zur Sicherstellung der Qualität, insbesondere des Frequenzganges beim Austausch von Magnetogrammen. Vereinbarungen über Aufnahme- oder Wiedergabefrequenzgang, wie sie für Ton- und Lichttonaufnahmeverfahren getroffen wurden, sind beim Magnettonverfahren nicht in ähnlich einfacher Weise zu treffen. Das bei den Rundfunkgesellschaften übliche Verfahren der Eliminierung von Magnetkopf- und Ton-

eigenschaften durch Festlegung einer Ersatz-EMK wird auf eine allgemeine Anwendbarkeit untersucht.

Im Gegensatz zur bisher üblichen Anschauung wird die Bandmagnetisierung als dem Integral der Feldverteilungskurve über die Berührungslänge zwischen Tonträger und Magnetkopf proportional berechnet; der Einfluß des durch die Vormagnetisierung gegebenen Arbeitspunktes bleibt unberücksichtigt. Unter der Voraussetzung, daß alle den Kopf verlassenden Kraftlinien den Tonträger durchsetzen, ergibt sich eine umgekehrt-logarithmische Spaltfunktion und damit ein mit 6 db je Oktave fallender Frequenzgang der Tonträgermagnetisierung oberhalb einer etwa bei 100 Hz liegenden Grenzfrequenz, die durch die endliche Länge der Berührung von Tonträger und Kopf gegeben ist.

Für den Abtastkopf ergibt eine Zerlegung des Tonträgers in Zonen hyperbolischen Verlauf der Flußverteilung seitlich der Spaltkanten, was zu einer Wiedergabekurve mit stark abfallenden Höhen bei konstantem Bandfluß führt. Der aus dem Tonträger austretende Fluß wird proportional dem Differentialquotienten der Bandmagnetisierung angenommen und ist damit in erster Näherung frequenzunabhängig.

Die rechnerisch erhaltene Gesamtpaltfunktion zeigt damit eine obere Grenzfrequenz ohne Zuhilfenahme eines Entmagnetisierungsvorganges, weiter eine untere Grenzfrequenz mit folgender Tiefenüberhöhung, wie sie experimentell beobachtet, aber mit den bisher zugrundegelegten Rechteckspalt-Funktionen nicht erklärt werden konnte.

Daß die zur Geräteeinstellung eingeführte Ersatz-EMK gerätebedingt von der Hörkopf-EMK abweicht, wird aus einem Ersatzschaltbild für den Hörkopf erklärlich, das die Streuung zwischen Band, Kern und Wicklung, Verluste und Kapazitäten berücksichtigt.

CCIR hat die Festlegung einer einheitlichen, die Verwendung eines idealen Abtastkopfes voraussetzenden Wiedergabe-Entzerrungskurve erwogen. Die in der Arbeit enthaltenen Betrachtungen werden für die Ermittlung des Korrekturfaktors bei Benutzung praktisch realisierbarer Abtastköpfe sehr nützlich sein, wenn sie auch nicht in allen Fällen befriedigende Erklärungen für das Verhalten insbesondere von der Standardbauweise wesentlich abweichender Kopfformen geben können.

Schi

DK 534.851

### Frequenzplatten.

Die Teldec-Schallplatten GmbH., Hamburg, fertigt Frequenzplatten (Nummern K 23147/49), die mit gleitenden Tönen oder Ringen stehenden Tones bespielt sind. Meist umfaßt eine Plattenseite den Bereich 14000...3000 Hz, während man auf der Rückseite das Gebiet zwischen 3000 und etwa 50 Hz findet. Die Platten sind technisch hochwertig, das Nadelrauschen ist gering. Erfreulich, daß das Frequenzband nach oben fast bis an die äußerste Gehörgrenze aufgenommen wurde. Naturgemäß legt man die höchsten Frequenzen nach außen. Plattendurchmesser 30 cm.

Solche Platten eignen sich gut zum Durchmessen und Einpegeln elektroakustischer Anlagen (Lautsprecher, Mikrophone, Rundfunkempfänger, Verstärker und Tonarme); zu den Frequenzen sind auf den Platten stets die Pegel angegeben. Ebenfalls läßt sich mit diesen Platten eine Gehörprüfung durchführen, die genauere Ergebnisse liefern kann als veraltete Geräte, wie man sie noch bei vielen Ohrenärzten findet.

BV

### Magnetismus

DK 621.318.4

**Das Magnetvariometer.** [Nach A. Weis: Funk u. Ton 4 (1950), S. 508; 11 S. 9 B. und S. 559; 10 S., 12 B.]

In der Nachrichtentechnik werden oft veränderliche Induktivitäten benötigt, wie z. B. bei der Abstimmung von Schwingkreisen oder bei der Erzeugung frequenzmodulierter Schwingungen. Eine einfache, in weiten Grenzen veränderbare Induktivität erhält man mit einer Spule, die einen ferromagnetischen Kern besitzt, dessen reversible Permeabilität  $\mu_{rev}$  durch ein dem Wechselfeld überlagertes stärkeres Gleichfeld  $H_G$  beeinflusst wird. Eine solche Anordnung wird kurz als Magnetvariometer bezeichnet (Bild 6).

Der Verfasser zeigt, daß sich die reversible Kernpermeabilität von magnetischen Pulverkernen und Ferriten, wie sie für Spulen im Hochfrequenzgebiet wegen ihrer geringen Wirbelstromverluste Anwendung finden, gemäß dem von R. Gans angegebenen Gesetz mit der Gleichinduktion

ändert. Dieses Gesetz besagt, daß die reversible Permeabilität sämtlicher ferromagnetischer Werkstoffe mit wachsender Gleichinduktion nach einer Cosinusfunktion vom Wert der Anfangspermeabilität  $\mu_a$  auf den Wert der Vakuumpermeabilität  $\mu_0$  absinkt. Durch Einführung einer von Frölich angegebenen empirischen Formel für die Magnetisierungskurve in die Ganssche Gleichung erhält man eine allgemeine Beziehung  $\mu_{rev} = f(H_G)$ . Daraus ergibt sich, daß für den HF-Kern des Magnetvariometers ein Werkstoff mit hoher Anfangspermeabilität  $\mu_a$  und kleiner Sättigungsinduktion  $B_s$  zu wählen ist, da sonst die zur Vormagnetisierung erforderliche Gleichstromleistung untragbar hohe Werte annehmen würde. Durch die Koerzitivkräfte des HF-Eisens, des Erregerkerns sowie der Polschuhe ergibt sich keine eindeutige Zuordnung der reversiblen Kernpermeabilität  $\mu_{rev}$  zur erregenden Gleichfeldstärke  $H_G$ . Diese Abweichung wird als magnetischer Deckungsfehler bezeichnet. Um diesen klein zu halten, müssen die Koerzitivkräfte der angeführten Magnetwerkstoffe möglichst klein sein. Der Aufbau des Magnetvariometers bedingt, daß die HF-Wicklung nicht gleichmäßig über den ganzen Kern verteilt ist. Infolge der geringen Permeabilität der gebräuchlichen Pulverkern nimmt die Streuung recht beachtliche Werte an, so daß die Induktivitätsänderung kleiner als die Permeabilitätsänderung ist. Abschließend werden zwei Anwendungsmöglichkeiten für das Magnetvariometer beschrieben, ein Fernabstimmgerät für Rundfunkempfänger und eine fernbedienbare Kopplungsregelung.

Nach Ansicht des Verfassers eignen sich die in den letzten Jahren stark entwickelten Ferrite infolge ihrer hohen Anfangspermeabilität und geringen Sättigungsinduktion besonders gut für derartige Magnetvariometer. Leider geht der Verfasser in dieser Arbeit nicht auf die noch heute erheblichen Mängel, wie Desakkomodation, Resonanzerscheinungen und irreversible Vorgänge bei Temperaturänderungen ein, die es erforderlich machen, daß zur Erreichung stabiler Verhältnisse die Ringkernpermeabilität durch Luftspalte stark herabgesetzt werden muß. Damit geht aber der Vorteil der hohen Anfangspermeabilität weitgehend verloren. Wenn es gelingt, diese Nachteile bei den Ferriten zu beseitigen, so hat man damit einen idealen Werkstoff, aus dem sich das ganze Magnetvariometer z. B. im Preßverfahren<sup>1</sup> herstellen ließe.

Die Arbeit wird in naher Zukunft noch an Bedeutung gewinnen, hat man doch die einfache Möglichkeit, mit dem Magnetvariometer frequenzmodulierte Schwingungen zu erzeugen. Legt man die veränderbare Induktivität in den Schwingkreis einer HF-Generatorstufe und speist die Magnetisierungswicklung mit der niederfrequenten Modulationsfrequenz, so erhält man eine mit dieser Niederfrequenz frequenzmodulierte HF-Schwingung. Der Vorteil dieser gesteuerten Induktivität gegenüber der sonst üblichen Schaltung mit Reaktanzröhre ist der, daß es sich um eine ruhende Schaltung handelt, die keiner Alterung unterworfen ist. Nachteilig sind die durch die Hystereseerscheinung des Eisens bedingten Verzerrungen, sowie die z. T. noch erhebliche Empfindlichkeit bei mechanischen Erschütterungen. All diese Nachteile können aber bei Entwicklung geeigneter Werkstoffe in erträglichen Grenzen gehalten werden. En

DK 538.221 : 621.825

**Untersuchungen an magnetischen Thixotropen.** [Nach K. Mertlich: Dissertation a. d. Univers. Köln 1950.<sup>2</sup>]

Unter Thixotropie versteht man allgemein die Eigenschaft bestimmter Stoffe, ihre Konsistenz (Zähigkeit) isotherm innerhalb gewisser Grenzen ändern zu können<sup>3, 4</sup>. Besonde-

<sup>1</sup> K. E. Latimer u. H. B. Macdonald: Communications News 1950, S. 79.

<sup>2</sup> „Über die Flüssigkeitseigenschaften magnetisierter Eisenpulver und Eisenpulversuspensionen“.

<sup>3</sup> Elektrisch steuerbare Thixotrope. ETZ 71 (1950), S. 508.

<sup>4</sup> Elektrische Thixotrope. Elektron IV (1950), S. 434.

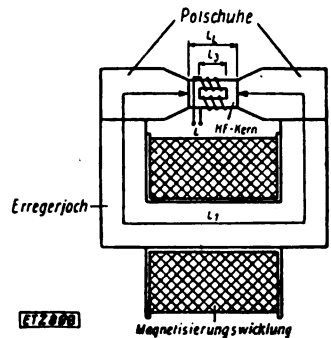
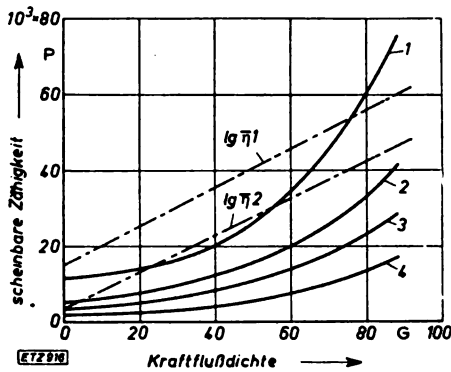


Bild 6. Grundsätzlicher Aufbau des Magnetvariometers.



Kurve 1 10 Gew. Tl. Ol/90 Gew. Tl. Eisen  
 Kurve 2 12 Gew. Tl. Ol/88 Gew. Tl. Eisen  
 Kurve 3 14 Gew. Tl. Ol/86 Gew. Tl. Eisen  
 Kurve 4 16 Gew. Tl. Ol/84 Gew. Tl. Eisen

Bild 7. Scheinbare Viskosität von Eisenpulver-Ol-Mischungen (Teilchendurchmesser 5 μ).

res Interesse verdienen solche Thixotrope, die durch magnetische oder elektrische Felder beeinflussbar sind. Man kommt so zu flüssigkeitsähnlichen Substanzen, deren Viskosität willkürlich in einem weiten Bereich steuerbar ist. Am einfachsten gelingt das mit Suspensionen feiner Eisenpulver in Öl, die in ein regelbares Magnetfeld gebracht werden. Hier bilden die Eisenteilchen kettenförmige Anordnungen, die um so fester sind, je stärker das Erregerfeld wird. Untersucht wurde die Abhängigkeit der scheinbaren Viskosität verschiedener Eisenpulver-Ol-Mischungen von der magnetischen Kraftflußdichte und der Schubbeanspruchung.

Die Versuche wurden mit Carbonyleisenpulver durchgeführt, (kugelförmige Teilchen von 3 bis 10 μ Dmr., Anfangspermeabilität  $\mu_r \approx 2000^1$ ). Zur Anteigung diente dünnflüssiges Kabelisolieröl. Die Messungen wurden mit zweckmäßig abgewandelten viskosimetrischen Methoden durchgeführt. Bild 7 zeigt einige grundsätzliche Ergebnisse. Die Viskositäten  $\bar{\eta}$  liegen in der Größenordnung von  $10^3 \dots 10^5$  [P] und steigen mit der Kraftflußdichte exponentiell an:  $\bar{\eta} = \bar{\eta}_0 \cdot e^{mB}$  wobei  $\bar{\eta}_0$  die Anfangsviskosität für  $B = 0$  (Art der Fließfestigkeit) und  $m$  eine Konstante ist, deren Wert im wesentlichen von der Korngröße der Pulver abhängt, dagegen nur wenig von dem Anteil der flüssigen Phase. Geringe Veränderungen des Ölgehaltes drücken sich schon recht deutlich in der Viskosität aus. Bei etwa 40 Gew.-% Öl kommt man bis unter  $10^2$  [P], (vergleichsweise ist bei Glycerin  $\eta = 11$  [P] bei 18 °C). Der einfache exponentielle Zusammenhang gilt für stark verdünnte Suspensionen und für höhere Feldstärken nicht mehr. Im letzten Fall steigt  $\bar{\eta}$  mit  $B$  stärker an.

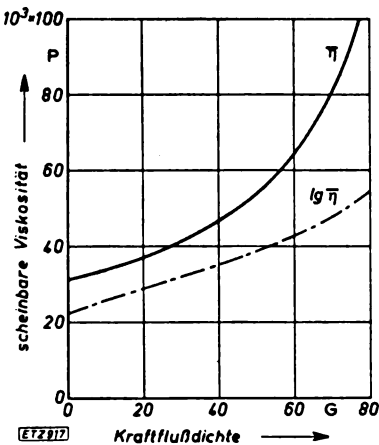


Bild 8. Scheinbare Viskosität von Eisenpulver im Magnetfeld (Teilchendurchmesser 5 μ).

Bemerkenswert ist der Übergang zu reinen Pulvern. Es konnte gezeigt werden, daß sich bei den Teilchen von 5 μ Dmr. kein prinzipieller Unterschied gegenüber den Suspensionen ergibt. Die Absolutwerte liegen naturgemäß höher (Bild 8). Die Abweichung von der logarithmischen Geraden nach oben beginnt schon bei kleineren Kraftflußdichten.

Die Messung der scheinbaren Viskosität bei verschiedenen Schergeschwindigkeiten ( $\dot{\gamma}$  als Parameter)

ergab folgendes:  $\bar{\eta}$  nimmt mit zunehmender Schubspannung ab. Die Fließkunde (Rheologie) spricht in diesem Fall von strukturviskosem Verhalten. Der Grad der Strukturviskosität erwies sich überraschenderweise bei unseren Systemen als unabhängig von der Magnetisierung. Für diesen Befund lassen sich allerdings rheologische Parallelen aufzeigen.

Eine praktische Verwendung der magnetischen Thixotrope kommt vor allem für Brems- und Kupplungsvorrichtungen in Frage. Man wird mit verschiedenartigen technischen Ausführungen zum Ziel kommen, z. B. mit einander gegenüberstehenden Eisenscheiben oder koaxialen Zylindern zwischen denen sich die „Bremsflüssigkeit“ befindet. Von besonderem Vorteil sind die „fast stufenlose Regelbarkeit“ und die hohe Verschleißfestigkeit. Außerdem kann man verhältnismäßig große Effekte schon mit kleinen Magnetisierungen erreichen. Der Bedarf an elektrischer Leistung ist entsprechend gering. Carbonyleisenpulver haben kleine Remanenz. Beim Abschalten des Erregerfeldes verschwindet daher die auf die magnetische Kettenbildungen beruhende Bremswirkung fast ganz; lediglich der Einfluß der „Anfangsviskosität“ bleibt übrig. Durch eine geeignete Konstruktion wird man auch diesen noch aufheben können. Um von der Umgebungstemperatur unabhängig zu werden, kann man zu reinen Pulvern mit kugelförmigen Teilchen greifen. Das strukturviskose Verhalten der untersuchten Thixotrope hat eine sach einsetzende Bremswirkung zur Folge. Sie beginnt bei höheren Umlaufgeschwindigkeiten allmählich, um dann immer mehr zuzunehmen je langsamer die Rotation wird. Durch Änderung des Magnetfeldes kann man jederzeit in dem Bremsvorgang eingreifen. Es ist zu erwarten, daß die magnetischen Thixotrope bald in die Praxis eingeführt werden.

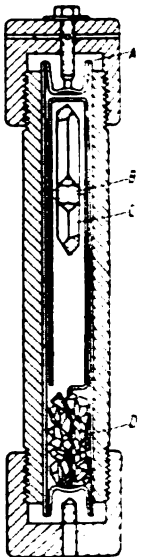
Werkstoffe

DK 621.395.014

Gezüchtete Quarzkristalle. [Nach A. C. Walker: Electronics 24 (1951) H. 4, S. 96]

Während des zweiten Weltkrieges wurden Millionen von fehlerfreien Quarzkristall-Plättchen von 1...2 cm<sup>2</sup> und 2...3 mm Dicke für drahtlose Fernsprecher benötigt. In der USA entstand in dieser Zeit ein kritischer Mangel an diesen Kristallen, der auch nach dem Kriege weiterbestand. Dieser Mangel wurde noch dadurch verschärft, daß Brasilien, der Hauptlieferant für Quarzkristalle, eine Ausfuhrsperrung erließ.

Als die Amerikaner Nachricht davon erhielten, daß es während des Krieges in Deutschland gelungen war, künstliche Quarzkristalle zu züchten, stürzten sie sich auf diese Entdeckung und entwickelten die von dem deutschen Geologen Nacken aus Frankfurt ausgearbeiteten Verfahren weiter. Die Nackensche Methode besteht darin, amorphes Quarz in einer alkalischen Lösung in der Nähe des kritischen Punktes von Wasserdampf bei 374,2 °C und 224 atü zu halten. Der Quarz wird bis zur Sättigung gelöst, worauf er an Keimflächen auskristallisiert. In Amerika entstand zunächst eine Schwierigkeit dadurch, daß Rohquarz so schnell gelöst wird, daß sich Kristalle nicht nur an den vorgesehenen Keimpunkten bilden, sondern an der ganzen Wandlung des Autoklaven, in dem der Versuch stattfindet. Überall wachen Kristallnadeln, so daß nach kurzer Zeit nicht mehr von einer gesättigten Lösung gesprochen werden kann, und das Wachstum aufhört.



Nach vielen Versuchen ging man dazu über, den Autoklaven zu 80% seines Innenraumes mit alkalischer Lösung zu füllen und ihn am Boden auf etwa 400 °C zu erwärmen. Dabei entstehen Drücke über 1000 atü. Das obere Ende des röhrenförmigen Autoklaven ist ein wenig kühler als die geheizte untere Fläche, so daß dort eine Übersättigung auftritt und die Kristalle nur an dieser Stelle wachsen.

Der Vorgang wird durch die Strömung infolge des Temperaturunterschiedes in den verschiedenen Höhen sehr gefördert. Dank dieses Verfahrens mit Temperaturgefälle war es möglich, das Wachstum der Kristalle unter Kontrolle zu halten. Im Durchschnitt nimmt ihre Dicke täglich um 1,25 mm zu.

Die größte Schwierigkeit bereitete die Entwicklung des Behälters für diese ungewöhnlichen Drücke, denn selbst die beste Dichtung zeigte Leckstellen. Man ging deshalb dazu über, die Lösung mit dem amorphen Quarz und dem Ges...

ETZ 884  
 A Verschweißter Teil des Innenbehälters, B Keimling, C Wachstumsfläche der Kristalle, D Quarz, E Quarzkristalle.  
 Bild 9. Schematischer Schnitt durch die Anlage zum Züchten von Quarzkristallen.

<sup>1</sup> W. M. H. Schulze: Dispersitätsfragen der Massekerntechnik. ETZ 71 (1950) S. 575.



mit den sehr dünnen Quarzkristall-Plättchen als Keimstellen in einem röhrenförmigen Behälter von etwa 7,5 cm Durchmesser und 75 cm Länge unterzubringen, der dann zuge-schweißt wird. Dieser Behälter wird in eine dickwandige Stahlbombe eingeschoben, die ihrerseits durch eine mächtige, aufgeschraubte Stahlkappe verschlossen wird.

Die Bombe wird mit dem unteren Ende auf einen elektrischen Heizwiderstand gestellt und dann völlig in eine Wärmedämm-Masse eingepackt. Zur Kontrolle der Temperatur dienen 3 Thermolemente in verschiedenen Höhen der Bombe. Mit dieser Vorrichtung wurden einwandfreie Kristalle bis zu 320 g gezüchtet. **WH**

### Verschiedenes

DK 621.315.616 : 061.6

**Das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk von Nordrhein-Westfalen.** [Nach K. Krekeler: Kunststoffe 40 (1950) S. 311; 1 $\frac{1}{2}$  S., 2 B.]

Am 28. 10. 1950 wurde das Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk, Aachen, (Jülicherstraße 336), eingeweiht und vor kurzem vom Kultusministerium des Landes Nordrhein-Westfalen als Institut an der Technischen Hochschule Aachen bestätigt. Das von Prof. Dr. Ing. habil. K. Krekeler geleitete Institut verdankt seine Gründung u. a. der in vorbildlicher Weise gewährten deellen, materiellen und finanziellen Unterstützung der chemischen Werke Hüls, der Dynamit A. G. Troisdorf und der Farbenfabriken Bayer, Leverkusens.

Die Aufteilung und Einrichtung der Kunststoffwerkstatt ist mustergültig. Jeder einzelne Arbeitsplatz umfaßt Anschlüsse für gas- und elektrischbeheizte T. P. Schweißgeräte, Anbrennflamme, Prebluft- und Arbeitsplatzbeleuchtung. Vor jedem Arbeitsplatz befindet sich ein Ablagetisch zur Aufnahme der zu verformenden großen Werkstücke.

Die Aufgabe des neuen Institutes besteht darin, die Schulung von Ingenieuren, Handwerkern, Verkäufern und Studenten durchzuführen und darüber hinaus Forschungen auf dem Gebiet der Kunststoffverarbeitung und -Anwendung zu betreiben.

Der Lehrplan des Institutes sieht vor, den Schulungsteilnehmern theoretische Kenntnisse und praktische Fertigkeiten in der spanlosen, spanabhebenden Verformung und der Herstellung von Kleb- und Schweißverbindungen zu ermitteln. Es ist das Ziel der Ausbildung, die Schulungsteilnehmer zu selbständig arbeitenden Kunststoffhandwerkern heranzubilden, die in der Lage sein müssen, jede anfallende Arbeit an Kunststoffen so durchzuführen, daß Bestandungen nur noch materialseitig möglich sind. **Ra**

DK 620.97 : 061.3

### Die Jahresversammlung der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V.

Die Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., deren Jahresversammlung am 7. September 1951 in Frankfurt am Main stattfand, hat zum Ziel, alle Fragen der Energiewirtschaft auf neutraler, wissenschaftlicher Ebene zu behandeln und insbesondere die energiewirtschaftliche Lehre und Forschung an den Technischen Hochschulen zu fördern. In seinen einleitenden Ausführungen konnte der Vorsitzende, der Leiter der Stadtwerke Frankfurt, Stadtrat **Treiser**, auf die stille Arbeit von annähernd drei Jahren hinweisen, die an der Technischen Hochschule Karlsruhe durch Privatdozent Dr.-Ing. habil. **Herbert F. Mueller** geleistet worden ist. Sie hat dort zur Bildung eines energiewissenschaftlichen Arbeitskreises aus Professoren und Dozenten aller energiewirtschaftlich interessierten Hochschulabteilungen geführt.

Als erster Redner sprach Prof. Dr. **Bruno Bauer** (Zürich) über „Die Energiewirtschaft als Gegenstand der Lehre und Forschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich“. Der schweizerische Gelehrte, der wohl als erster dieses Fachgebiet vor 20 Jahren zu einer Hochschuldisziplin gemacht hat, berichtete in formvollendeten, tiefgründigen, eistvollen und pädagogisch glänzenden Ausführungen über die Schwierigkeiten, die er dabei zunächst in den Kreisen der Energiewirtschaft selbst, dann in den Kreisen der Professoren und schließlich auch bei den Studierenden zu überwinden hatte. Die Erstgenannten waren nicht damit einverstanden, daß er die Energiewirtschaft nicht einfach mit den produktionsinteressen der Energieversorger identifizierte; die Letztgenannten konnten solange nicht verstehen, was die Energiewirtschaft bedeutet, als sie kein inneres Verhältnis zu den Fragen der Wirtschaft hatten. Daher stellte **Bauer**

an die Spitze seiner Ausführungen eine kurze Darstellung der elementaren Wirtschaftslehre, wie er sie in einer dem Ingenieur leicht eingängigen Sprache seinen Hörern vermittelte. Hierzu bedient er sich einfacher mathematischer und graphischer Verfahren. An sie anknüpfend werden die Probleme aufgezeigt, die in dem Teilgebiet von Nachfrage und Angebot an Energie auftreten und grundsätzlich keinen anderen Verlauf nehmen als Nachfrage und Angebot auf anderen Gebieten der Wirtschaft. Bei aller Anerkennung, die der Redner den Vertretern der reinen Kostentheorie in der Frage der Energiepreisbildung zollte, bekannte er sich zur vollen Gültigkeit der Wertschätzungslehre in der energiewirtschaftlichen Preisbildung.

Der folgende Vortrag von **H. F. Mueller** als Korreferat zu demjenigen **Bauers** behandelte die energiewirtschaftliche Lehre, wie **Mueller** selbst sie seit etwa 10 Jahren entwickelte und seit 1949 in Karlsruhe vertritt. Ausgehend von einer weitgehenden Übereinstimmung mit den Auffassungen **Bauers** stellte er unter dem Zwang der für ihn gegebenen Verhältnisse nach **Eucken** die „extreme Befassung mit der Wirklichkeit“ in den Vordergrund. Eindrucksvolle Darstellungen des Angebots an festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen und elektrischem Strom führten zu Betrachtungen über Mengen- und Wertvergleiche, die in der „dreifachen Rechnung“ der Energiewirtschaft und in der Erforschung unterschiedlicher Arten und Sorten im Energiebedarf gipfelten: die Rechnung im technischen Maßstab (Kalorienrechnung) wird meist überflügelt von der Rechnung in Wertmaßstäben, und die Geldwerte werden dabei noch oft verdrängt durch die Sozialwerte, die stark vom Psychologischen her bestimmt sind. Derartige Wertunterschiede können aber nur erkannt und erfaßt werden, wenn die Unterschiedlichkeit des Bedarfs an Licht, Kraft, Wärme („Energiearten“) und hierin wiederum die Unterschiede elementaren, vegetativen Bedarfs gegenüber produktivem und zusätzlichem Licht-, Kraft- und Wärmebedarf erforscht und in das richtige wirtschaftliche Verhältnis zueinander gebracht werden („Energiesorten“).

Als dritter Redner sprach Prof. Dr.-Ing. **Lesch**, Dekan der Fakultät für Maschinenwesen und Direktor des Hochspannungsinstituts der Technischen Hochschule Karlsruhe, über „Derzeitige Probleme des Energietransports und ihr Einfluß auf die Entwicklung der Energieversorgung“. Er beschränkte seine Ausführungen im wesentlichen auf die Betrachtung der wirtschaftlichen Überlegenheit des Transports von Strom oder von Kohle und gewann dabei einen Ausgangspunkt für Vergleiche dadurch, daß er nicht abatzfähige Kohlen, als ebenso ortsgebunden wie Wasserkräfte, von der Untersuchung ausschloß. In sorgfältigen Berechnungen, die durch eine Anzahl Diagramme wiedergegeben wurden, legte **Lesch** die mehrdeutige Abhängigkeit derartiger Vergleichsrechnungen (von Betriebsspannung, übertragener Leistung, Benutzungsdauer, Entfernung, Kohlepreis, Frachtsatz) dar. Unter gewissen Voraussetzungen wies er nach, daß die optimalen Übertragungsentfernungen stärker von den Bahntarifen als von den Kohlenpreisen abhängen<sup>1</sup>.

Als Abschluß der Tagung wurden die Bohrungen der Gewerkschaft Elwerath und der Wintershall A. G. bei Wolfskehlen besichtigt, wo unlängst der große Erdgasausbruch stattfand, und bei Bensheim. Prof. Dr. **Deicher** gab an Ort und Stelle höchst aufschlußreiche Erläuterungen über den Anlaß und die bisherigen Ergebnisse der Bohrungen sowie des Gasausbruches. Dieser Einblick in ein vielen Tagungsteilnehmern fremdes Gebiet der Energiewirtschaft bewies die unlösbare Verbundenheit aller Zweige der Energiewirtschaft wahrhaft sinnfölig.

**Friedrich List**

DK 53 : 061.3

### Physikertagung in Karlsruhe

Die diesjährige Herbsttagung des Verbandes deutscher physikalischer Gesellschaften vereinte vom 19. bis 23. 9. über 600 Teilnehmer in Karlsruhe. Nach dem traditionellen Begrüßungsabend am Dienstag, dem 18. 9., eröffnete der bisherige Präsident des Verbandes deutscher physikalischer Gesellschaften, Geheimrat Prof. Dr. **Jonathan Zenneck** am Mittwoch morgen die Tagung. In seiner bekannt humorvollen Art würdigte er Karlsruhe als Tagungsort und erinnerte an drei große Physiker, die in Karlsruhe ge-

<sup>1</sup> Die Vorträge werden in einem besonderen Berichtsheft veröffentlicht werden.

wirkt haben, Hertz, Braun und Lehmann. Zur Begrüßung waren Vertreter des Landkreises und der Stadt erschienen, ferner Magnifizenz Backhaus von der TH, sowie Vertreter des Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine und des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes.

Mit einem zusammengefaßten Vortrag von W. Kossel über Aufbau und Abbau von Kristallen begann dann die wissenschaftliche Arbeit der Tagung. Das Programm enthielt 22 größere zusammenfassende Vorträge und 92 kürzere Einzelreferate und ist damit gegenüber der Tagung des Vorjahres in Nauheim noch erheblich breiter geworden. Die große Zahl zusammenfassender Vorträge wurde von allen Teilnehmern als außerordentlich angenehm empfunden, weil sie über den engen Rahmen des eigenen Fachgebietes hinaus mit dem neuesten Stand der Forschung vertraut machten. Da etwa ein Viertel aller Vorträge in unmittelbarer Beziehung zur Elektrotechnik steht, ist es in diesem Kurzbericht nicht möglich, auch nur alle Titel und Verfasser der Vorträge zu erwähnen, die für die Leser der ETZ wichtig sind. An zusammenfassenden Vorträgen sind zu nennen Zenneck: Kindheitstage der drahtlosen Telegraphie, Karolus: Fernsehen, Rawer: Ionosphäre, Spenke: Kristallgleichrichter, Boersch: Elektronenmikroskop und Gundlach: Höchstfrequenz. Einen zusammenfassenden Vortrag über Gasentladungen gab es leider nicht.

Wissenschaftlich besonders interessant und weitgreifend dürften die folgenden vier Themen sein: E. W. Müller, Berlin-Dahlem, berichtete über Fortschritte mit seinem Feld-Elektronenmikroskop. Auf der letzten Tagung konnte er die ringförmige Anordnung der Atome in organischen, ringförmigen Molekülen sichtbar machen. Das Auflösungsvermögen von damals 10 AE war insbesondere durch die thermische Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen begrenzt. Inzwischen verwendet Müller Wasserstoffionen an Stelle der Elektronen und gelangt zu einem Auflösungsvermögen von 3 AE. Die ersten Aufnahmen zeigen überraschend viele Einzelheiten vom Gitteraufbau der verwendeten Wolframspitze. Noch mit dem alten Verfahren, also mit Elektronen, zeigte Müller den Abbau der einzelnen Netzebenen durch das thermische Verdampfen der Spitze. Dazu wird SrO aufgedampft, das die Grenze der Netzebenen ganz deutlich herauskommen läßt. Im Schmalfilm sah man die Schichten von den Rändern her zusammenschrumpfen.

W. Meißner und Mitarbeiter gaben einen neuen Effekt bekannt, der beim Übergang von Normal- zur Supraleitung eintritt. Die Permeabilität einer Zinnprobe im Normalzustand ist bekanntlich nahezu 1, im Suprazustand scheinbar 0. Bei Belastung mit hohen Strömen treten aber im Übergangsbereich Permeabilitäten bis zu 10 auf, die Probe wird also paramagnetisch. Die Erklärung wird darin gesucht, daß die Spinvektoren der Elektronen sich im Übergangsbereich teilweise ausrichten können. Eine genaue theoretische Deutung steht noch aus.

Lochte-Holtgreven und Mitarbeiter konnten an turbulent strömenden Flammen Magnetfelder nachweisen. Sie konnten in einer Spule Spannungen induzieren, die eine Magnetfeldstärke von rund  $10^{-4}$  Gauß entsprachen. Damit scheinen die Vorstellungen von Biermann über das Zustandekommen von Magnetfeldern in Plasmen, die zur Deutung der Erscheinungen an Sonnenflecken, rotierenden Himmelskörpern und zur Erklärung des Magnetfeldes im interstellaren Raum führen, experimentell bewiesen zu sein.

W. Kuhn zeigte, daß hochpolymere, fadenförmige Moleküle, die unter normalen Bedingungen verknäult sind, durch teilweise Ionisation, etwa durch Zufügen von Alkali oder Säure, gestreckt werden. Er stellte dieses Verhalten in Parallele zu den Vorgängen im tierischen Muskel und fand gute Übereinstimmung der experimenteller Ergebnisse, die teilweise verblüffend weit ging. Demnach werden also die Muskelfasern durch Konzentrationsverschiebungen gestreckt und eingeknäult.

Zum neuen Präsidenten des Vereins deutscher Physikalischer Gesellschaften wurde K. Wolff, Ludwigshafen, gewählt.

J. Euler

DK 537.226.33

**Die dielektrische Nachwirkung in Flüssigkeiten und festen Körpern.** [Nach C. P. Smyth: Electr. Engng. 69 (1950) S. 975; 6 S.]

Die dielektrische Nachwirkung entzieht sich der Beobachtung, wenn sie entweder sehr viel schneller, oder sehr viel langsamer verläuft, als die Änderung der wirkenden Kraft. Ausführlich besprochen wird sie für den Fall der Orientierungspolarisation im Anschluß an die Theorie von Debye und Onsager. Durch die Entwicklung der UKW-Messverfahren sind die Möglichkeiten der Untersuchung sehr erweitert worden. Eine große Anzahl von neueren Beobachtungen der Orientierungspolarisation organischer Moleküle ist zusammengestellt. Bei Kettenmolekülen ergibt sich eine mit der Kettenlänge zunehmende Abweichung von den Voraussagen der Theorie, die zu der Annahme führt, daß die Polarisierung von einer Rotation der Moleküle um die C-C-Bindungen beruht. Auch bei festen Körpern wird gelegentlich Orientierungspolarisation beobachtet. Besonders wertvoll ist das reichhaltige, 76 Veröffentlichungen umfassende Literaturverzeichnis der Arbeit.

Gsch

DK 621.512

**Die Lärmbekämpfung in Betriebsräumen.** [Nach W. Furrer, A. Lauber u. P. H. Werner: Techn. Mitt. Schweiz. PT 29 (1951) S. 41; 7 S., 8 B.]

Die Zusammenfassung von Verwaltungsdiensten in großen Arbeitsräumen hat die Schweizerische Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung PTT zwangsläufig zur Untersuchung des Problems der Lärmbekämpfung geführt. Es handelt sich dabei um Geräusche, die das menschliche Ohr ohne Schädigung dauernd ertragen kann, die aber die Konzentration und damit die Arbeitsleistung fühlbar herabsetzen. Als wirksame Abhilfen wurden ermittelt: raumakustische Maßnahmen, geräuscharme Konstruktion und geräuscharme Anstellung von Büromaschinen. Die Verminderung der Nachhallzeit wurde durch Verkleinerung des Raumvolumens (Deckenhöhe) und durch Belegung der Wände mit homogener oder gelochten Faserplatten erreicht. Da Rechen- und Lochkartenmaschinen leider immer noch starke Lärmerzeuger sind, wurde durch Anwendung mechanischer Tiefpaßfilter in der Unterlage eine wesentliche Lärmdämpfung erreicht. Die gemessenen Werte ergaben eine totale Lärmverminderung um 9 ... 10 db, was aber einer subjektiv empfundenen Verminderung der Lautstärke um etwa die Hälfte entspricht.

DK 621.513.331.01

**Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren bei Anlauf.** In ETZ 72 (1951) H. 10, S. 315 ist ein Aufsatz „Messung der Drehmomente von Asynchronmotoren bei Anlauf“ von E. M. Sineelnikow und G. S. Somichin in Elektritschestwo (1950) H. 7, S. 48, referiert, in dem ein Meßgerät beschrieben ist, das am Lehrstuhl für elektrische Maschinen des Moskauer Instituts für Energie „Mojst“ in den Jahren 1945/47 unter der Leitung von Prof. G. Petrov entwickelt wurde. Die Bemerkung des Berichtes, daß es sich hierbei um ein „neues Meßgerät“ handelt, ist nicht zu. Das beschriebene Meßgerät wurde von dem Urheber bereits in dem Aufsatz „Über eine Gruppe von elektrischen Drehbeschleunigungsmessern“ in Technische Mitteilungen Krupp, Forschungsberichte 3 (1940) H. 12, S. 189 bis 189 unter der Bezeichnung „Meßanordnung 5“ angegeben. Das Gerät wurde damals auch durchgerechnet und konstruiert. Die Ergebnisse sowie die erzielten Meßergebnisse sind an gleicher Stelle veröffentlicht. Ferner sind dem Aufsatz Literaturangaben enthalten. Ein Vorläufer dieser Meßanordnung ist ein elektrischer Beschleunigungsmesser nach DRP Nr. 331 847, Klasse 420, Gruppe 13, Erfinder Dr.-Ing. L. Schön, Essen, Patentinhaber: Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen.

W. Treuss

**Eisenhüttenstag 1951.** — Die diesjährige Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute findet am Donnerstag, dem 15. und Freitag, dem 16. November 1951, in Düsseldorf statt. Wie in früheren Jahren, so ist auch dieses Jahr der erste Tag wiederum der streng fachlichen Arbeit gewidmet. Es sind Vorträge vorgesehen aus Betriebstechnik, Kraftwirtschaft, aus Metallurgie und Stoffwirtschaft und dem Gebiet der Kaltverformung, schließlich wird in einer besonderen Gruppe auch über Arbeiten aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung berichtet werden. Die eigentliche Mitgliederversammlung und die Hauptvortragsveranstaltung der Tagungsteilnehmer am Freitag, dem 16. November, wird

## VERSCHIEDENES

## VDE

## Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6.

Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

## Bekanntmachung

## Vorschriften für Installationsleitungen und Außenkabel für Fernmeldeanlagen

Bis zum Inkrafttreten der in Bearbeitung befindlichen Neufassungen von

VDE 0815 „Vorschriften für Installationsleitungen (Drähte, Rohrdrähte und Innenkabel) in Fernmeldeanlagen“ und

VDE 0816 „Vorschriften für Außenkabel in Fernmeldeanlagen“

kann für diese Leitungen und Kabel von der VDE-Prüfstelle die Berechtigung zum Einlegen des einfädigen, schwarz-rot bedruckten VDE-Kennfadens unter folgenden Bedingungen erteilt werden:

1. Aufbau und Eigenschaften dieser Leitungen und Kabel müssen den Tafeln 12 ... 14 bzw. 15 ... 21 von VDE 0890/2.51 „Merkblatt über den Aufbau und die Verwendung isolierter Leitungen und Kabel in Fernmeldeanlagen“ entsprechen.

2. Diese Leitungen und Kabel müssen den Prüfbestimmungen in

VDE 0815U/XI.44 „Übergangsvorschriften für Installationsleitungen (Drähte, Rohrdrähte und Innenkabel) in Fernmeldeanlagen“ bzw.

VDE 0816U/XII.44 „Übergangsvorschriften für Außenkabel in Fernmeldeanlagen“

sinngemäß genügen.

Isolierhüllen, Mäntel und chemisch widerstandsfähige Schutzhüllen aus thermoplastischem Kunststoff müssen die Prüfungen gemäß VDE 0209/1. 51 „Vorschriften für Isolierhüllen und Mäntel aus thermoplastischem Kunststoff für isolierte Leitungen und Kabel“ bestehen.

Der Vorstand des VDE hat dieser Übergangsregelung zugestimmt.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

## SITZUNGSKALENDER

- Berlin:** EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
11. 51, 18.15, Technische Universität, Berlin-Charlottenburg, Hardenbergstr. 34, Hörsaal EB 301: „Entwicklung des Netzschutzes“, Dipl.-Ing. H. Neugebauer.
- Bielefeld:** VDE-Bezirk Westfalen-Ost, Bielefeld, Wilh.-Bertelsmann-Str. 8  
11. 51: „Wirtschaftliche Elektroinstallation im Wohnungsbau“, Dipl.-Ing. Dürbeck.
- Bremen:** ETV Bremen, Findorffstr. 27  
11. 51: „Die maschinelle Aufnahme und Auswertung von Zähl- und Meßgrößen für Zwecke der Rationalisierung und Forschung“, Dir. Ferrari.
- Darmstadt:** VDE-Bezirk Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280  
11. 51, 17.30, Hörsaal des Fernmeldetechnischen Institutes der Technischen Hochschule, Eingang Schloßgartenstraße: „Feinmeßgeräte für Laboratorien und Prüfmäße“, Dr. Ebinger.
- Erlangen:** ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
11. 51, 19.30, Physikalisches Institut: „Grundprinzipien des Schwarz-Weiß- und Farb-Fernsehens“, Dr.-Ing. H.-J. Griese.
- Frankfurt:** VDE-Bezirk Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280  
11. 51: „Kraftwerke mittlerer Leistung und Grenzen“, Dipl.-Ing. Schuller.
- Hannover:** ETG Hannover, Bischofholer Damm 70  
11. 51, 18.00, Technische Hochschule, Hörsaal 42: „Erdungen für große Ströme in Hochspannungsanlagen mit Sternpunktterdung“, Dr. Koch.
- Kiel:** VDE-Bezirk Schleswig-Holstein, Kiel, Gartenstr. 6  
11. 51, 17.00, Landesbrandkasse, Gartenstraße: „Wirtschaftliche Installation im Wohnungsbau“, Dipl.-Ing. Dürbeck.
- Köln:** VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 5  
11. 51: „Der Elektronenstrahl-Oszillograph in der Stark- und Schwachstromtechnik“, Dr. v. Ferroni, Berlin.
- Mannheim:** VDE-Bezirk Kurpfalz, Mannheim-Feudenheim, Körnerstr. 33  
11. 51, 17.30, Gewerbeschule Mannheim, Aula: „Moderne Präzisions-Instrumente für Gleich- und Wechselstrom“, Dr. Ebinger.
- München:** ETV München, Blumenstr. 28  
11. 51, 17.30, Deutsches Museum, Vortragssaal 2: „Infrarot-Strahlung“, Dr. Lauster, Frankfurt.

**Nürnberg:** ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30

13. 11. 51, 19.30, Vortragssaal im Germ. Museum: „Die neueren Grundlagen der Nachrichtentheorie (Kybernetik)“, Postrat Dr.-Ing. habil. Teichmann, Nürnberg.

**Varel i. O.:** VDE-Bezirk Oldenburg, Donnerschwerstr. 26

6. 11. 51, 20.00, Hotel Ebole, Varel: „Das cos  $\varphi$ -Problem“, Dipl.-Ing. Zimmermann.

**Wilhelmshaven:** VDE-Bezirk Ostfriesland, Wilhelmshaven, Herbartstr. 96

5. 11. 51, 20.00, Hansa-Gaststätten, Wilhelmshaven, Rheinstr. 65: „Das cos  $\varphi$ -Problem“, Dipl.-Ing. Zimmermann.

**Aachen:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel

12. 11. bis 15. 11. 51, 9.00, Technische Hochschule, Rogowski-Institut f. Elektrotechnik, Eingang Schinkelstr.: Kursus „Revision elektrischer Anlagen“, Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenkhausen, Baurat Dipl.-Ing. P. Schneill, Dipl.-Ing. Berttram.

**Berlin:** Technische Universität Berlin-Charlottenburg, Außeninstitut

13. 11. 51, 18.00, Hörsaal EB 301: „Wege und Werden des Fernsehens“, Prof. Dr. Fr. Schroeter, Madrid.

**Hamburg:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel

5. 11. bis 9. 11. 51, Hotel zum Kronprinzen, Hamburg, Kirchenallee 46: Kursus „Relaischutz in Hochspannungsanlagen (Schutz von Hochspannungsnetzen, Generatoren und Transformatoren)“, Prof. Dr.-Ing. Schwenkhausen, Dr.-Ing. W. Bütow.

**Hannover:** Technische Hochschule Hannover

16. 11. 51: „Fernseh-Studien in Amerika und Pläne in Deutschland“, Prof. Dr.-Ing. W. Nestel, Hamburg. „Der Wiederaufbau der Rundfunkindustrie nach 1945“, Dir. Dr. Mendel, Hannover. „Die Funktechnik als unentbehrlicher Helfer im Verkehrswesen“, Prof. Dipl.-Ing. H. Schönfeld, Hannover.

**Hannover:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel

14. 11. bis 16. 11. 51, 9.00 bis 12.30: Kursus „Infrarot“, Prof. Dr.-Ing. W. Kluge, Dipl.-Ing. K. Lohausen, Dipl.-Ing. F. Fourné.

**Mannheim:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel

5. 11. bis 9. 11. 51, 14.15 bis 18.00, Mannheim, Gewerbeschule I, Saal 39 (Auditorium) Kurfürst Friedrich Schule: Kursus „Psychologie und Technik des Unfallschutzes“, Dipl.-Ing. Fr. Mügge, Dr. E. Siewert.

**Nürnberg:** Technische Akademie Bergisch Land, Wuppertal-Vohwinkel

7. 11. bis 9. 11. 51, 9.00 bis 13.00, Gesellschaftsraum im Erdgeschoß des Industrie- und Kulturvereins, Nürnberg, Frauentorgraben 49; Kursus „Infrarot“, Prof. Dr.-Ing. W. Kluge, Dipl.-Ing. K. Lohausen, Dipl.-Ing. F. Fourné.

**Wuppertal:** Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vohw., Rubensstr. 4  
5. 11. bis 9. 11. 51, 14.15 bis 18.00, Wuppertal-Vohwinkel, Gräfrather Str. 15 (Evgl. Gemeindehaus): Kursus „Marktforschung und Konjunkturpolitik“, Dipl. Volksw. Dr. H. Besters.

9. 11. bis 7. 12. 51, Freitags 8.15 bis 12.15: Kursus „Technisches Englisch (I. Teil)“, H. G. Freeman.

12. 11. bis 16. 11. 51, 14.15 bis 18.00, W.-Elberfeld, Städt. Neusprachliches Gymnasium Aue, (Physiksaal): Kursus „Matrizen und Tensoren mit Anwendungen“, Prof. Dr. U. Wegner.

## PERSONLICHES

**A. F. Phillips f.** — In Eindhoven (Holland) starb am 7. Oktober im Alter von 77 Jahren Dr. h. c. Anton Frederik Philips, Mitschöpfer und Seniorchef der Philips-Unternehmungen. Im Jahre 1922 hatte er die Gesamtleitung des Betriebes übernommen, das sich als ein Unternehmen von internationaler Bedeutung auf dem Gebiet der Elektrotechnik entwickelte. Als öffentliche Anerkennung seines Schaffens wurde A. F. Phillips 1928 das Ehrendoktorat der Rotterdamer Handelshochschule verliehen. Von 1936 bis zu seinem Tode gehörte er als erster Vorsitzender dem Aufsichtsrat an.

**R. Vieweg.** — Dem Rufe des Herrn Bundesministers für Wirtschaft folgend hat Herr Professor Dr. Richard Vieweg am 1. Oktober 1951 sein Amt als Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig angetreten. Präsident Vieweg steht jetzt im 56. Lebensjahre. Nach seinem Studium mit den Hauptfächern Physik und Mathematik promovierte er 1923 an der Technischen Hochschule Dresden. Von 1923 bis 1935 war er Mitglied der früheren Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin, deren Aufgaben für das Gebiet der Bundesrepublik die Physikalisch-Technische Bundesanstalt übernommen hat, 1935 wurde er als ordentlicher Professor an die Technische Hochschule Darmstadt berufen, wo er bis zu seiner Übersiedlung nach Braunschweig das Institut für technische Physik aufgebaut und geleitet hat. 1946/47 war er gleichzeitig Rektor der Technischen Hochschule Darmstadt.

Professor Vieweg ist wissenschaftlich auf folgenden Arbeitsgebieten hervorgetreten, auf denen zahlreiche Veröffentlichungen von ihm in Zeitschriften und Büchern vorliegen: Untersuchungen über Reibung und Schmiering, besonders in feinen Lagern und Getrieben; Entwicklung physikalisch-technischer Feinmessungen, besonders von Meßbrücken

und Registrierverfahren; Physik, Technologie und Prüftechnik der organischen Werkstoffe (Kunststoffe). Neben fachwissenschaftlicher Forschungs- und Lehrtätigkeit beschäftigte sich Professor Vieweg auch mit Fragen der Kulturbedeutung seines Faches und mit den praktischen Problemen einer zweckmäßigen Gestaltung des Hochschulunterrichts und des Ausbildungsgangs der Studierenden.

Professor Vieweg ist in zahlreichen Fachorganisationen Mitglied. Im Verband Deutscher Elektrotechniker wirkte er seit 1926 in vielen Kommissionen mit. Er gehört dem wissenschaftlichen Beirat des Vereins Deutscher Ingenieure, dem Beirat mehrerer Fachausschüsse im Deutschen Normenausschuß, sowie dem Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften an. In der Deutschen Forschungsgemeinschaft ist er als Fachgutachter tätig. Eine große Reihe von Auslandsreisen, die er vor und nach dem zweiten Weltkrieg in Europa und nach Übersee unternommen hat, gaben ihm Gelegenheit, Lage und Erfordernisse von Wissenschaft, Technik, Wirtschaft und Industrie im Ausland eingehend zu studieren. of

**Th. Wolff.** — Am 28. Oktober beging Oberingenieur Theodor Wolff in Wuppertal-Elberfeld in körperlicher und geistiger Frische seinen 80. Geburtstag. Der Jubilar begann seine Laufbahn beim Städtischen Elektrizitätswerk Aachen und war dann lange Jahre bei der Bergischen Elektrizitätsversorgung GmbH. erfolgreich tätig, seit 1908 ist er Mitglied des VDE. R

**Jubläen.** — H. C. Riepka. — Am 15. Oktober beging Dipl.-Ing. Hellmuth C. Riepka, Köln, sein 25jähriges Dienstjubiläum als Vorstandsmitglied der Steatit-Magnesia AG. Als Gründer des DRALOWID-Werks der Stemag gehört Riepka zu dem kleinen Kreis von Forschungsingenieuren, der in Erkenntnis der Wichtigkeit der elektrischen Bauelemente für die gesamte Nachrichtentechnik schon frühzeitig begann, diese vielfach zu wenig beachteten Einzelteile teilweise gänzlich neu zu konstruieren und zu zuverlässigen Massenfabrikaten zu entwickeln. Riepka ist durch viele literarische Arbeiten und Patentanmeldungen hervorgetreten. Er ist Vorstands- und Beiratsmitglied verschiedener in- und ausländischer Fachverbände und -normenausschüsse. of

Die Askania-Werke in Berlin-Friedenau konnten am 16. Oktober auf 80 Jahre erfolgreicher Tätigkeit zurückblicken. Das Unternehmen ist aus einer kleinen Werkstatt hervorgegangen, die der Feinmechanik und Optiker Carl Bamberg im Jahre 1871 in Berlin einrichtete. Als Lehrling von Carl Zeiss und Schüler von Abbe brachte er neuartige Instrumente, namentlich für die Landesvermessung und für astronomische Zwecke heraus. Die spätere Aufnahme neuer Arbeitsgebiete, wie Geophysik, Ozeanographie, Kinetik und besonders Meß- und Regelungstechnik, schufen einen größeren Rahmen für das Unternehmen, das im Jahre 1921 nach dem Zusammenschluß mit dem Gasgerätewerk der Deutschen Continental-Gasgesellschaft in die Askania-Werke AG. umgewandelt wurde. Neben pneumatischen und hydraulischen Meßgeräten wurden vor etwa 25 Jahren auch elektrische Meßgeräte in die Fertigung aufgenommen. Den Ausgangspunkt hierfür bildete der Erwerb der Firma Keiser & Schmidt in Berlin-Charlottenburg. Wenige Jahre später wurde die Firma Dr. A. Koepsel (Erfinder des Drehkondensators) übernommen. Auch in Reglerkonstruktionen sind neben dem Askania-Strahlrohrregler neuartige Geräte auf elektrischer und pneumatischer Grundlage herausgebracht worden. of

**Hochschulnachrichten.** — Rektor und Senat der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen haben dem Generaldirektor Gustav Möllenberg in Essen in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung von Maschinen für den Bergbaubetrieb und ganz besonders für die mechanische Aufbereitung der Bergbauerzeugnisse den akademischen Grad und die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehren halber verliehen.

Die Technische Hochschule Darmstadt hat Herrn Prof. Dr.-Ing. Enno Heidebroek in Dresden die Würde eines Dr.-Ing. Ehren halber verliehen in Anerkennung der hervorragenden Leistungen, mit denen er sich als Forscher und Lehrer um den wissenschaftlichen Maschinenbau verdient gemacht hat. Heidebroek wird am 15. November seinen 75. Geburtstag feiern.

Das Rektorat der Technischen Hochschule Stuttgart gibt folgendes bekannt: Herr Karl Heinrich Alexander Ernenmann, Vorstandsmitglied der Zeiß-Ikon AG. in Stuttgart wurde in Anerkennung seiner außerordentlichen Verdienste um die Entwicklung neuzeitlicher Filmvorführungsmaschinen und insbesondere auch der Zeitlupe sowie in der Fabrikorganisation auf feinmechanischem Gebiet die Würde eines Senators Ehren halber verliehen.

Herrn Direktor Heinrich Eyth, Vorstandsmitglied der Zeiß-Ikon AG. in Stuttgart, wurde in Anerkennung seiner außerordentlichen Verdienste um die Entwicklung und die Fertigung unübertrefflicher Lichtbildkameras die Würde eines Senators Ehren halber verliehen.

Der Gastprofessor für Elektrophysik Dr.-Ing. Johannes Jaumann hat einen Ruf an die Universität Köln angenommen.

Herrn Dr.-Ing. Heinz Küppenbender, Mitglied der Geschäftsführung der Zeiß-Stiftung und der Zeiß-Werke, der Zeiß-Opton GmbH. in Oberkochen und des Aufsichtsrats der Zeiß-Ikon AG. in Stuttgart, wurde in Anerkennung seiner bedeutsamen Erfindungen auf dem Gebiete der optischen Geräte und seiner außergewöhnlichen Verdienste um Entwicklung und Fertigung neuer Kleinbildkameras und um den Aufbau des Zeiß-Werkes in Oberkochen die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehren halber verliehen. of

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 53 (021.3)

**Lehrbuch der Physik.** 2. Bd.: **Elektromagnetisches Feld.** Von Grimsehl. Hrsg. Prof. Dr. W. Schallreuter u. Mitv. Prof. Dr. R. Seeliger. 12. Aufl. Mit 552 S., 725 B., zahlr. Taf., Format 17×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig 1951. Preis Hlw. 17,60 DM.

Das bekannte Lehrbuch der Physik ist neuerdings in 4 Bände eingeteilt. Der zweite Band behandelt das elektromagnetische Feld. Sein Inhalt gliedert sich in drei große Abschnitte, die selbst wieder in mehrere Unterabschnitte in mehreren Paragraphen unterteilt sind: I. das statische elektrische und magnetische Feld, II. Der stationäre elektrische Strom (Gleichstrom), III. Das zeitliche veränderliche elektromagnetische Feld. Ein Anhang bringt die elektrischen Maßsysteme und mehrere Tabellen. Namens- und Sachverzeichnis bilden den Schluß. Gegenüber den früheren Auflagen sind Umstellungen innerhalb des gesamten Werkes vollzogen worden, so daß auch dieser Band möglichst an die phänomenologische Darstellung der physikalischen Erscheinungen bringt, während die theoretische Deutung im IV. Band gesammelt ist. Weiter sind gegenüber früher viele Ergänzungen dazugekommen, um den Inhalt des Buches dem gegenwärtigen Stand der Forschung anzugleichen. Die Änderungen sind überall in Vektorschreibweise gebracht. Sie werden zum größten Teil als Größengleichungen geschrieben, nur einige benutzte Zahlenwertgleichungen werden in solche stets gekennzeichnet. Die Darstellungen sind übersichtlich, allerdings wäre eine bessere Papiersorte wünschenswert, wodurch die Deutlichkeit mancher Bilder gegeben würde. Auf Seite 242/243 sind die Angaben der Blitzebnergie und der Blitzspannung um Größenordnungen zu klein. Sicherlich wird das bekannte Buch durch seine Redlichkeit und Klarheit in der Darstellung zu seinen alten Freunden noch neue gewinnen. E. Kluss

DK 621.316.7 (021.3)

**Dynamik selbsttätiger Regelungen.** Bd. 1. Von Dr.-Ing. F. C. Oldenbourg und Dr.-Ing. H. Sartorius. 2. Aufl. Mit 258 S., 112 B., Format 16×24 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hlw. 24,— DM.

Das Werk stellt einen nur wenig abgeänderten Nachdruck der ersten Auflage von 1944 dar. Es behandelt im ersten Teil die Grundlagen der Theorie der Regelung ausgehend von der Betrachtung einer beliebigen periodischen und weiterhin nichtperiodischen Störungsfunktion als Anregung eines Bauteiles und betrachtet dann die Auswirkungen dieser Anregung am einzelnen Bauteil und schließlich am geschlossenen Regelkreis. Im zweiten Teil, der den statischen Regelungen vorbehalten ist, werden verschiedene Beispiele statischer und astatischer Elemente des Regelkreises sowie ihr Verhalten im geschlossenen Kreis untersucht, während gleichzeitig der einfache Kreis durch die Einführung der Rückführung sowie von differenzierenden Organen erweitert wird. Der folgende Abschnitt behandelt die

Einfluß unvermeidbarer Nichtlinearitäten, wie sie durch Reibung und Lose hervorgerufen werden und leitet über zum Abschnitt der unstetigen Regelung, die in den Fällen der Ein-Aus-Regelung mit vorgegebenen Ansprechgrenzen und der ausschlagabhängigen Schrittregelung einer eingehenden Betrachtung unterzogen wird. In einem Anhang sind eine straffe Zusammenfassung der Regeln der Laplacetransformation mit einer Tabelle der Funktionen, sowie ein Abriss der Differenzenrechnung gegeben.

Das Buch behandelt, aufbauend auf den üblichen mathematischen Vorkenntnissen des Ingenieurs, in klarer systematischer Art die Dynamik der Regelung unter Verzicht auf alle gerätetechnischen und konstruktiven Überlegungen. Alle mathematischen Untersuchungen sind mit großer Breite durchgeführt und weniger bekannte Verfahren, besonders im grundlegenden ersten Abschnitt, eingehend dargestellt. Die gesamte Abhandlung baut auf auf der Darstellung der Vorgänge mittels der Übergangsfunktion, während die dem Elektriker näherliegende Darstellung mittels des komplexen Frequenzganges mit Ausnahme des daraus folgenden Stabilitätskriteriums nur gestreift wird. Ein allerdings nur bei periodischen Vorgängen sinnvolles Kriterium der Regelgüte dient im Zusammenhang mit den Kriterien für Stabilität und aperiodischen Verlauf zur Bestimmung des optimalen Regelungsverlaufes.

Eine Erweiterung dieser Überlegungen auch auf periodische Vorgänge wäre sehr erwünscht. Nicht behandelt sind ferner vermaschte Regelkreise mit Hilfs-Regelgröße der Stellgröße, die Kombination von Steuerung und Regelung und Regelkreise mit Modellregelstrecke, sowie die Mehrfachregelung. Möge der kommende zweite Band darüber Aufschluß geben.

F. Fraunberger

DK 621.311.21 (73) (022.1)

**as elektrische Stromtal Tennessee.** Von D. E. Lilienthal. Mit 296 S., zahlr. B., Format 13×21 cm. Paul List Verlag, München, Leipzig, Freiburg i. B. 1950. Preis Glw. 8,50 M.

Als der amerikanische Kongreß das Gesetz zum Ausbau des Tennessee-Stromtales im Mai 1933 annahm, mögen nur einige Menschen eine Vorstellung von der Größe und den Schwierigkeiten dieser Aufgabe gehabt haben, kaum jemand hat aber die Erfolge voraussehen können, die durch die planmäßige Erschließung aller Naturschätze des Stromtales erreicht wurden. Lilienthal, der an verantwortlicher Stelle der Tennessee-Stromtalverwaltung an diesen Folgen einen wesentlichen Anteil hat, schildert in überzeugender Weise die Verwandlung der Landschaft mit von Erosionen zerrissenem Boden zu einem fruchtbaren und ertragreichen Gebiet der USA. Sicherlich ist den Fachleuten in der Welt bekannt, daß ein Flußausbau als Einheit der Ziele von Kraftgewinnung, Schiffbarmachung und Schutz vor Überschwemmungen betrachtet werden muß, hier im Tennessee-Projekt ist diese Erkenntnis nun erstmalig uneingeschränkt in die Tat umgesetzt worden. Dies ist um so beachtlicher, als es sich hier um ein Gebiet der Größe von England und Schottland handelt, also viel größere Maßstäbe umfaßt, als sie uns im westlichen Europa beim Flußausbau geläufig sind. In den Jahren von 1933 bis 1943 wurden 5 vorhandene Dämme abgeändert und verbessert und 12 Staumauern neu geschaffen, so daß 1944 rund 12 Milliarden kWh von den Tennessee-Anlagen abgegeben wurden, so ein Drittel der Gesamtzeugung der deutschen Bundesrepublik im vergangenen Jahr. Diese Vergleichszahlen zeigen die Größe des Projektes, und der Ingenieur, der dieses sich zur Hand nimmt, findet noch manche anderen interessanten technischen Angaben. Im Vordergrund der von einem Verwaltungsfachmann gegebenen Darstellung stehen aber die die technischen Einzelheiten, sondern der Überblick über die Erschließung des Tales als Gesamtheit. Dies wird durch viele Einzelbeispiele gezeigt, wie etwa der steigenden Anspannung und -güte auf dem Strom, der physischen Veränderung der Bodenverhältnisse und der Steigerung des Volkseinkommens aller Schichten. Interessant ist der vom Verfasser geführte Beweis der Wirtschaftlichkeit einer Intensivierung so erheblicher öffentlicher Gelder (allein für die Stromzeugung betragen die Anlagekosten 450 Millionen Dollar), wobei sich über den Erlös vom Verkauf elektrischer Energie hinaus viele Vorteile und Gewinne ergeben, die sich nicht in Geldeswert ausdrücken lassen.

Besonders eindrucksvoll ist dem Verfasser der Nachweis gelungen, daß die Nutzung einzelner Naturschätze Gehen mit sich bringt, aber stets der Zusammenhang mit an-

deren Naturquellen und ihrer Bedeutung für den Menschen gesehen werden muß. Gerade das menschliche Moment, das immer wieder seine Berücksichtigung findet, macht das Buch auch für den Nichtfachmann so lesenswert, daß seine Lektüre nur empfohlen werden kann.

A. Rachel

DK 621.3 (022.2)

**Elektrotechnik für die Praxis.** Von O. Leunig. Bd. 1: Grundlegenden und Grundgesetze (I. d. Rh. Westermanns Fachbücher zur Berufsausbildung). Mit 242 S., 285 B., Format 17×23 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg. Kiel 1950. Preis Hlw. 9,80 DM.

Dieser erste Band der Buchreihe „Elektrotechnik für die Praxis“ wendet sich an alle in den Elektroberufen Tätigen und will ihnen die Grundkenntnisse der allgemeinen Elektrotechnik in dem Umfange vermitteln, wie er in den Prüfungen des Handwerks und der Industrie verlangt wird. Entsprechend diesem weitgesteckten Leserkreis werden an die Vorkenntnisse in Mathematik und Physik nur geringe Anforderungen gestellt. Statt dessen sucht der Verfasser den Lehrstoff durch ausführlichen Text, unterstützt von zahlreichen Abbildungen und einfachen Rechenbeispielen, dem Leser näher zu bringen.

Der Verfasser berichtet im wesentlichen über die Grundgesetze und wichtigsten Anwendungsgebiete des Gleichstromes sowie des Wechsel- und Drehstromes. Da die weiteren Bände dieser Buchreihe der Installationstechnik, den elektrischen Maschinen und der Meßtechnik gewidmet werden sollen, können diese Grundlagen entsprechend breit behandelt werden, so daß das Buch nicht nur zur Unterstützung des Unterrichts an Berufsschulen und in Fachkursen sondern auch für das Selbststudium des Anfängers bestens empfohlen werden kann. Das ausführliche Inhaltsverzeichnis erleichtert die spätere Benutzung beim gelegentlichen Nachlesen eines bestimmten, gerade besonders interessierenden Abschnittes.

H. Rengier

DK 621.395.661 (022.4)

**Spulen.** Von Heinrich Nottebrock (Teil III v. „Bauelemente der Nachrichtentechnik“ i. d. Frequenz-Bücherei). Mit 268 S., 150 B., Format DIN A 5. Preis kart. DM 12,—.

Nach den beiden Bänden „Kondensatoren“ und „Widerstände“ ist nun auch der dritte und letzte Teil des Nottebrockschen Werkes über die Bauelemente der Nachrichtentechnik erschienen.

Im Aufbau erscheint das Buch nicht ganz einheitlich. Der Integralbegriff wird als bekannt beim Leser vorausgesetzt, die Zeigerrechnung der Wechselstromtechnik dagegen nicht; sie wird eingehend erläutert. Die physikalischen Vorstellungen über das magnetische Feld und den Ferromagnetismus werden dem Leser ausführlich nahegebracht, die Grundlagen über Stromverdrängung und Feldverdrängung dagegen nicht; hier muß sich der Leser mit fertigen Formeln und Diagrammen begnügen. Paramagnetische und diamagnetische Werkstoffe und magnetische harte Werkstoffe werden ausführlich unter Angabe von Zahlenmaterial aufgezählt, ohne daß diese Werte hinterher bei der Spulenberechnung irgendwie benutzt werden können. Neuere Arbeiten (z. B. die Feldtkellerschen Veröffentlichungen über Blechkerne) werden im Text zitiert, aber in den Inhalt nicht eingearbeitet; die Ausführungen stützen sich auf verhältnismäßig wenige ältere Arbeiten.

Abgesehen von diesen Mängeln, die im wesentlichen nur dem Kenner auffallen werden, ist die Zusammenstellung über die Aufbauformen und Berechnungsgrundlagen von kernlosen Spulen mit Eisendrahtkernen, mit Eisenblechkernen, ferner von Spulen mit veränderlicher Induktivität und die Darstellung der Prüfung und Messung von Spulen für den Praktiker von großem Nutzen, da er sonst die Werte mühsam aus der Literatur zusammensuchen muß und andere umfangreiche Zusammenstellungen über dies Gebiet in Deutschland z. Zt. noch nicht vorhanden sind.

F. W. Gundlach

DK 621.396.029.58 (022.2)

**Der Kurzwellenamateur.** Von Karl Schultheiss. Mit 272 S., 161 B., Format 13×20 cm. Francksche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1951. Preis Hlw. 8,50 DM.

Mit dem Gesetz über den Amateurfunk vom 14. 3. 1949 ist die Grundlage geschaffen worden für einen starken Aufschwung des Kurzwellenamateursportes in Deutschland. Für die Neulinge auf diesem Gebiet hat der Verfasser ein ausgezeichnetes Lehrbuch geschaffen, das zwar die allgemeinen



Kenntnisse über die Rundfunkempfangstechnik voraussetzt, dafür aber in flüssigem Stil das theoretische Wissen über die spezielle Kurzwellen-Sende- und -Empfangstechnik vermittelt, welches für die Lizenzprüfung als Kurzwellenamateur verlangt wird.

Durch die Vielzahl der Schaltbilder und praktischen Hinweise ist das Buch aber auch für den alten Praktiker eine Fundgrube und als Ratgeber und Nachschlagewerk sehr wertvoll. — Neben dem Kurzwellenempfänger und Kurzwellensender für die Amateurfrequenzen im 80...10 m-Band nach dem neuesten Stande der Technik werden auch eingehend die dazu notwendigen Antennen mit ihren Empfangs- und Ausbreitungsbedingungen sowie die erforderlichen Senderkontrollgeräte besprochen. Außerdem gibt der Verfasser die genaue Baubeschreibung einer vollständigen Amateurstation der Klasse A (20 W). Ein Kapitel über Betriebstechnik und die gesetzlichen Bestimmungen schließt das Buch ab.

H. Brandt

DK 621.002.2 (023.2)

**Zeichnen und Gestalten im Maschinenbau.** Von Ernst Brosch. 4 Hefte: Geometrisches Zeichnen, Projektionslehre, Darstellen und Vermaßen. Abwicklungen. Jedes Heft mit 32 S., 14 Taf., Format DIN A 5. Fachverlag Schiele und Schön, Berlin 1951. Preis je Heft 1,30 DM.

In vier Einzelheften werden behandelt: 1. Geometrisches Zeichnen, 2. Projektionslehre, 3. Darstellen und Vermaßen, 4. Abwicklungen. Jedes Heft enthält eine in etwa abgeschlossene Darstellung seines Teilgebietes.

Geometrisches Zeichnen bildet die Grundlage für jegliches Fachzeichnen und muß deshalb zur Erlangung der notwendigen handwerklich-zeichnerischen Fertigkeiten eingehend geübt werden. Einfache geometrische Konstruktionen erziehen zum Finden formschöner Übergänge. Die Projektionslehre vervollständigt das durch das geometrische Zeichnen gewonnene Bild durch Erweiterung der flächigen Betrachtung zur räumlichen Erfassung von Teilen. Es werden vornehmlich die senkrechte Parallelprojektion und Durchdringungen ausführlich besprochen und durch zahlreiche Beispiele erläutert. Heft 3 wendet die Grunderkenntnisse des Vorangegangenen auf die Darstellung von Maschinenteilen an.

Für die Darstellung von Werkstücken wird die durch die Hauptbearbeitungseinrichtung gegebene Arbeitslage bevorzugt. Die Vermaßung hat so zu geschehen, daß nicht mögliche Zahlenangaben, sondern nur die richtigen Maße eingetragen werden. Der Facharbeiter muß ohne Rechnen dasjenige Maß in der Zeichnung finden, welches er unmittelbar für die Ausführung seines Herstellungsganges benötigt. Die hauptsächlichen Zeichnungsmaße müssen während und nach der Herstellung nachgemessen werden, damit die Funktion nach dem Zusammenbau erfüllt werden kann. Die Herstellungstoleranzen werden durch international vereinbarte Angaben (ISAPassungen) in der Zeichnung angegeben. Alle wesentlichen Herstellungsverfahren werden durch Beispiele erläutert.

Die Form der Darstellung ist angenehm. Jeweils eine Seite enthält nur Zeichnungen und die Nebenseite den erläuternden Text. Auf wenig Raum wurde vieles anschaulich gebracht.

Entsprechend der Bedeutung der Rollkurven, Spiralen und Schraubenlinien im Getriebebau könnten diese Abschnitte ausführlicher dargestellt werden. Die Angaben über „Passungen“ bedürfen sorgfältigerer Behandlung. Passungsangaben nach ISA sind universal anwendbar und nicht allein auf Drehteile beschränkt. Es würden mehr Zeichnungsbeispiele mit eingetragenen ISA-Passungen interessieren, auch bei Teilen, die miteinander im Eingriff stehen.

F. W. Winter

DK 55 (023.2)

**Kleine Physik.** Von Dr. Gerhard Niese. Mit 194 S., 258 B., Format 14×19,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis kart. 4,60 DM, geb. 6,20 DM.

Das Buch wendet sich mit seinem Inhalt an den jungen Werk tätigen und Fabrikarbeiter, der zu seiner technischen Arbeit die physikalische Erklärung sucht. Es ist aber auch für alle diejenigen von Interesse, die in das Wesen der Technik und deren physikalische Grundgesetze eindringen wollen. Der Inhalt des Buches gliedert sich in 8 Grundabschnitte: Mechanik, Schall, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität, Gewinnung von Antriebsenergie und Lösungen der Übungsaufgaben. Jeder dieser Abschnitte enthält zahlreiche Unterabschnitte. Der Stoff ist leicht verständlich gebracht und in sich abgeschlossenen Abschnitten klar und übersicht-

lich zusammengestellt, sein Inhalt steht in engster Verbindung mit der Berufsarbeit. Besonders hervorgehoben sind die vielen guten Abbildungen, die viel zur Erfassung des Wesentlichen des beschriebenen physikalischen Geschehens beitragen. Ebenso nützlich und erwähnenswert sind die zahlreichen kleinen Übungsaufgaben, deren Lösungen in einem eigenen Abschnitt zusammengestellt sind. Sie ermöglichen eine Vertiefung der aus dem Buch gewonnenen Kenntnisse. Es wäre zu wünschen, daß die „Kleine Physik“ viele Freunde finden möge, sie kann bestens empfohlen werden.

E. Kluss

DK 534.8 : 534.0172

**Philips-Taschenbuch für Elektroakustik und Tonfilmtchnik.** Hrsg. Philips Valvo Werke GmbH., Hamburg. Mit 200 S., zahlr. B. u. Taf., Format DIN A 6. Verlag für Radio- und Kinotechnik, Berlin 1951. Preis kart. 3,— DM.

Das Taschenbuch hat im 1. Teil 56 Seiten Tabellen elektrischer, akustische und filmtechnische Werte. Der 2. Teil behandelt das Gebiet der Elektroakustik. In 4 Abschnitten wird in großen Zügen über Schallehre, Schallempfänger, Schallsender und Raum- und Bauakustik berichtet. Der 3. Teil bringt Ausschnitte aus der Tonfilmtchnik. Es werden Bildaufnahme, die Tonaufnahme, die Bild- und Tonwiedergabe sowie der Film und seine Bearbeitung in einzelnen Kapiteln besprochen.

Das Material zu diesem Taschenbuch ist aus den verschiedensten Quellen zusammengestellt worden, die besonders im 2. Teil leider nicht genügend aufeinander abgestimmt wurden. Manche Abbildungen sind durch Kürzen im Text ohne Kenntnis der Originalarbeiten nur sehr schwer verständlich. — Leider erreicht das Taschenbuch nicht das hohe Niveau der sonst von Philips herausgegebenen Veröffentlichungen.

Es wäre sehr zu wünschen, daß das in seiner Tabellensammlung und in einzelnen Abschnitten recht gute Textbuch bei einer Neuauflage eine Überarbeitung des Textmaterials erhält, in der die Praxis zu Gunsten der Theorie stärker berücksichtigt wird.

H. Brandt

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Einführung in die Lackbereitung.** Von Dipl.-Chem. A. Höfer. 52 S., Format 15×21 cm. Georg Acherberg, Verlag f. Berufsbildung, Berlin-Lichterfelde 1951. Preis geh. 3,— DM.

**Technisches Zentralblatt.** Abt. Elektrotechnik. Heft 1, 1951. Herausg. von M. Pflücke. Mit 108 S., Format 15×21 cm. Akademische Verlagsgesellschaft, Berlin.

**Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.** Bd. 3, 1951. Hrsg. von E. Justi. Mit 300 S., zahlr. B., Format 15×21 cm. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig.

**Fortschritte in der Behandlung schwerer und schwerster Reaktionsfälle.** Von Prof. Dr. med. H. Fischer und Dr. med. R. Fischer. Mit 72 S., 23 B., Format 14,5×21 cm. Georg Thieme, Stuttgart 1951. Preis geh. 10,80 DM.

**Randprobleme und andere Anwendungsgebiete der höheren Mathematik für Physiker, Mathematiker und Ingenieure.** Von F. Schwab. 406 S., 147 B., Format 16,5×23 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis geb. 2,80 DM.

**Schweißtechnische Berechnungen.** Von Dr.-Ing. E. Kloss. Dr.-Ing. H. Haake (Werkstattbücher Heft 102). Mit 64 S., 94 Abb., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis brosch. 3,60 DM.

**Einführung in die mathematischen Grundbegriffe der Fernmeldetechnik.** Von F. Rinke. Hrsg. Oberpostdir. Dr. R. Kießler, Münster. Hrsg. Ing. W. Koropp u. a. (Kleine Fachbuchreihe f. d. Post- u. Fernmeldedienst Bd. 25). 4. u. neubearb. Aufl. Mit 185 S., zahlr. B. u. Taf., Format 14,5×21 cm. Verlagsbuchhandlung Erich Herzog, Goslar 1951. Preis kart. 13,— DM.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. Karl-Heinz Klein, Köln-Ehrenfeld, Liebigstr. 35  
Prof. Dr.-Ing. E. Kießler, Braunschweig, Harzburger Str. 12  
Dir. Dipl.-Ing. Walter Prasse, Essener Straßenbahnen, Essen, Zwickstraße 34  
Dr.-Ing. Hans-Jürgen Schrader, Braunschweig, Münstedterstr. 17

Demem Heft liegt ein Prospekt der Firma Koch & Sternal Altkraftschaff, Abteilung Meswandler und Transformatoren, Essen, über „Transformatoren für Niederspannung“ bei.

Abschluß des Heftes: 18. Oktober 1951

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jaccottet. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, Wuppertal-Elberfeld, Eriller Str. 90, Postfach 1144, Fernschreib-Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 1, Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln Nr. 1144 Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 1144, Köln, DM 12,80 halbj., einschl. Zustelgebühren, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj.) zuzügl. Zustelgebühren. Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

## Die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten

Von Walther Koch, Berlin

DK 621.311.053 : 621.3.027

**Übersicht.** Bei Anlagen mit starr geerdeten Sternpunkten nehmen Leitungsmaste infolge des Kurzschlußcharakters des Erdschlußstromes Spannungen von mehreren 1000 V gegen Erde an. An verkehrsreichen Stellen kann es erforderlich werden, das Potentialgefälle in der Mastnähe so zu mildern, daß gefährliche Schrittspannungen vermieden werden. Ein Mittel dazu sind konzentrisch um den Mast verlegte Ringerder in zweckmäßig abgestufter Tiefe. Ein einfaches Berechnungsverfahren für die Potentialverteilung solcher Erder wird entwickelt und deren Wirkung an einigen Beispielen gezeigt. Wegen des verhältnismäßig großen Aufwandes ist die Potentialsteuerung bei Leitungsmasten nur in den Fällen angebracht, wo besondere Gefährdung für die Öffentlichkeit gegeben ist.

### Einleitung, Aufgabenstellung

Die Übertragung von Energie mit hochgespanntem Wechselstrom erfolgt in Deutschland bisher ausschließlich durch Drehstromsysteme mit freiem Sternpunkt, wozu auch die Systeme mit Erdschlußspulen zu rechnen sind. Diese Betriebsweise hat die Eigenart, daß bei einem einpoligen Erdschluß nur der kapazitive Erdschlußstrom über die Fehlerstelle fließt, der zudem in den weitaus meisten Anlagen durch Erdschlußspulen bis auf einen unvermeidlichen Reststrom von der Fehlerstelle abgesaugt wird. Bei sehr hohen Übertragungsspannungen wird das so elegante System der Aufhebung des Erdschlußstromes durch die Erdschlußspule jedoch unsicher und oberhalb gewisser Spannungen unmöglich, so daß man gezwungen ist, zur starren Sternpunktterdung überzugehen, wie sie insbesondere in den USA und in den durch die dortige Praxis beeinflussten Ländern auch für Übertragungsspannungen üblich ist, bei denen hierzulande nur die Erdschlußspule mit bestem Erfolg angewendet wird.

Nach den bisherigen Gepflogenheiten könnte man den Schutz bei Anlagen mit starrer Erdung der Relais-technik überlassen, die ja bisher bei Doppelerdschlüssen die Aufgabe des Schutzes der Erdungstechnik abnahm. Man darf aber bei einem Vergleich der Erdkurzschlüsse in starr geerdeten Systemen mit den Doppelerdschlüssen in den Systemen mit freiem Sternpunkt nicht übersehen, daß bei starrer Erdung jeder Erdschluß ein Erdkurzschluß ist und die gefahrbringenden Fehlerfälle also die Regel sind. Bei den geplanten modernen Anlagen mit starrer Sternpunktterdung sind sehr schnelle Fehlerabschaltungen in Bruchteilen einer Sekunde vorgesehen, wodurch zweifellos die Wahrscheinlichkeit der Gefährdung von Personen stark herabgesetzt wird. Dazu kommt, daß bei kurzzeitiger Einwirkung von Strömen auf Lebewesen die Gefährdung geringer ist als bei längerer. Man muß sich aber darüber klar sein, daß ein Relais die Zeit nur abkürzen kann, aber keinen Einfluß auf die Höhe des Körperstromes hat, den eine Person in der Nähe vom Fehler betroffenen Anlage u. U. zu ertragen hat. Daher fordert man schon heute für die künftigen Stationen und die damit zusammenhängenden Kraftwerke bei starr geerdetem Sternpunkt Erdungsmaßnahmen, durch die das Personal vor unzulässigen Körperströmen geschützt ist, da bei jedem Erdkurzschluß im Netz die Erdungsanlagen der dem Fehler benachbarten Stationen erhebliche Spannungen aufnehmen werden. Alle in diesen Stationen tätigen Personen würden einen Beitrag zur Wahrscheinlichkeit eines Unfalles leisten, wenn sie nicht geschützt würden.

Ganz anders liegen die Verhältnisse jedoch bei den sich über hunderte von Kilometern erstreckenden Freileitungen. Hier stehen die bei einem Fehler gefahrbringenden Anlagefehler, die Leitungsmaste, zum weitaus größten Teil abseits

des Verkehrs auf Äckern, in Wäldern oder sonstigen selten begangenen Gebieten. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine Person sich bei einem Fehler in dem Gefahrenbereich der Fehlerstelle befindet, ist nur klein, da dieser nur etwa 10 000 m<sup>2</sup> beträgt, diese Fläche ist im Vergleich zu den von den Freileitungen bedeckten Gebieten gering. Daher verzichtet man im allgemeinen auf einen umfassenden Schutz durch Erdungsmaßnahmen und überläßt den Schutz den schnell abschaltenden Relais.

In einzelnen Fällen gibt es Standorte von Masten an Straßen oder in Ortschaften, wo die Beseitigung von Gefahren geboten erscheint. Das kann durch Erdungen mit Potentialsteuerung erreicht werden, die zweckmäßig als konzentrische Ringe mit bestimmter Abstufung der Verlegungstiefe um den Mast angeordnet werden und mit diesem elektrisch verbunden sind [1, 2].

Die Anordnung solcher Steuerringe muß rechnerisch überlegt werden, damit die angestrebte Wirkung eines möglichst gleichmäßig und mit der zulässigen Schrittspannung abfallenden Potentials erreicht wird. Die Berechnung führt auf eine umständliche Lösung elliptischer Integrale [3]. Daher soll ein Näherungsverfahren entwickelt werden, das dieselben Ergebnisse liefert wie die Integration.

### Angenäherte Berechnung von Steuerringen

Ein ringförmiger Erder kann als Äquipotentialfläche zu einer im Innern seines als rohrförmiger Metallkörper anzusehenden Aufbaues liegenden Quellinie aufgefaßt werden. Von dieser Quellinie gehe der Strom  $I$  in den als allseitig unendlich ausgedehnt anzusehenden Raum aus. Auf ein Ringstück von der Länge  $\Delta x$  kommt dann der Anteil  $I \frac{\Delta x}{\pi D}$ , worin  $D$  der Durchmesser des Ringes ist.

Der Potentialbeitrag eines solchen Ringelementes in einem Punkt seiner Umgebung mit dem Abstand  $S$  ist [4]:

$$\Delta \varphi = I \frac{\Delta x}{\pi D} \cdot \frac{\rho}{4 \pi S} = I \frac{\rho}{4 \pi^2 D} \cdot \frac{\Delta x}{S}$$

Das Zusammenwirken aller Teile des Ringerders erzeugt in dem betreffenden Aufpunkt das Potential

$$\varphi = I \frac{\rho}{4 \pi^2 D} \cdot \sum \frac{\Delta x}{S} \quad (1)$$

Hierin ist  $\rho$  der spezifische Erdwiderstand.

Liegt der Punkt im Abstand  $H$  von der durch den Ring erder verlaufenden Ebene und ist  $A$  die Projektion der Verbindungslinie des Ringmittelpunktes mit dem betreffenden Punkt auf die Ringebene, so ist nach Bild 1:

$$S = \sqrt{\left(\frac{D}{2} \cos \alpha + A\right)^2 + \left(\frac{D}{2} \sin \alpha\right)^2 + H^2} = QP$$

Mit  $H = p \cdot D/2$  und  $A = q \cdot D/2$  ergibt sich

$$S = \frac{D}{2} \sqrt{(\cos \alpha + q)^2 + \sin^2 \alpha + p^2} \quad (2)$$

Setzt man diesen Wert von  $S$  in Gl. (1) ein, erhält man bei unendlich kleinem  $\Delta x$  ein elliptisches Integral. Die Lösung liefert für jeden beliebigen Punkt im Raume dessen Potential. Durch Einsetzen eines Punktes auf der Ober-

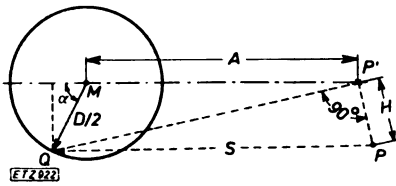


Bild 1. Bestimmung des Abstandes S eines Punktes P im Raum um einen Ringender von einem Punkt Q auf dem Ringender.

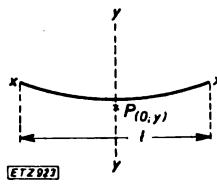


Bild 2. Ausschnitt  $l = 1/36 \pi D$  aus dem Ringender zur Bestimmung des Potentials eines sehr nahen Punktes.

fläche des Erders selbst erhält man das Potential des Erders und hieraus durch Division mit dem Erderstrom I den Widerstand des Erders.

Im folgenden sollen zur Umgehung der Integration die für die Erderberechnung erforderlichen Zahlenfaktoren  $K = \sum \Delta x / S$  ermittelt werden. Es genügt zu diesem Zweck, den Ring in 36 Teile aufzuteilen und unter Einsatz des mittleren Abstandes eines jeden Teiles von dem durch die Faktoren p und q gekennzeichneten Punkte die Teilwerte  $\Delta x / S$  zu berechnen, deren Summe den obigen Faktor K ergibt.

Das Verfahren ist für Punkte, deren Abstand vom Ringender größer als  $1/10$  des Halbmessers des Ringes ist, völlig genau. Bei kleineren Abständen wird es durch den Einfluß der endlichen Länge des Teilstückes, in dessen Nähe der Punkt liegt, ungenau und für die Bestimmung des Potentials in unmittelbarer Nähe des Erders, also insbesondere des Erders selbst, unbrauchbar. Daher wird es in folgender Weise erweitert:

Der Einfluß der Teilstücke, in deren unmittelbarer Nähe der Punkt mit dem zu bestimmenden Potential liegt, wird aus der für den gestreckten Erder mit einer sehr einfachen Integration gewonnenen Formel [4]:

$$\Delta \varphi = I' \frac{q}{4 \pi l} \ln \frac{x + l/2 + \sqrt{y^2 + (x + l/2)^2}}{x - l/2 + \sqrt{y^2 + (x + l/2)^2}} \quad (3)$$

bestimmt. Nimmt man von den 36 Teilstücken zu diesem Zweck 4 heraus, so kann man diese mit genügender Annäherung als gestreckten Erder ansehen und außerdem liegt der mittlere Abstand der beiden äußeren dieser 4 Teilstücke außerhalb der Ungenauigkeitsgrenze. Die Länge der 4 Teilstücke ist  $l = 4/36 \pi D$ ; für alle vor der Mitte dieses „Kernstückes“ liegenden Punkte (Bild 2) ist  $x = 0$ , ihre Entfernung y von der Linienquelle im Erderinneren kann durch den Abstand  $A = q D/2$  und den Ringradius  $D/2$  ausgedrückt werden als

$$y = (q - 1) D/2;$$

weiter ist  $l/2 = 2/36 \pi D = 0,174 D$  und der auf die 4 Teilstücke entfallende Stromanteil

$$I' = 4/36 I.$$

Setzt man diese Werte in die Gl. (3) ein, so erhält man

$$\Delta \varphi = I \frac{q}{4 \pi^2 D} \sum \frac{\Delta x}{S} = I \frac{q}{4 \pi^2 D} \ln \frac{0,174 + \sqrt{0,25(q-1)^2 + 0,174^2}}{-0,174 + \sqrt{0,25(q-1)^2 + 0,174^2}} \quad (4)$$

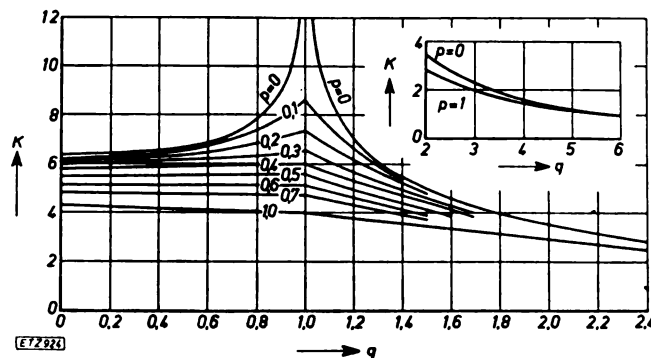


Bild 3. K abhängig von q für p als Parameter.

Mit Gl. (2) und  $\Delta x = 1/36 \pi D = 0,174 D/2$  wird ferner:

$$\frac{\Delta x}{S} = \frac{0,174}{\sqrt{(\cos \alpha + q)^2 + \sin^2 \alpha + p^2}} \quad (5)$$

Dieser Ausdruck wurde für Winkel von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  und verschiedene Werte p und q berechnet. Durch einen bestimmten Wert p und einen solchen q ist die Lage eines Punktes im Raume zum Ringender festgelegt. Für die 36 Teilstücke werden

so 36 Einzelwerte ermittelt, deren Summe  $\sum \frac{\Delta x}{S} = K$

mit Gl. (1) das Potential des betreffenden Punktes ergibt. Diese Faktoren K sind in Bild 3 abhängig von p und q aufgetragen. Um die erwähnten Ungenauigkeiten bei der Berechnung für Punkte in der Nähe des Erders zu vermeiden

wurden hierfür die  $\sum \frac{\Delta x}{S}$  aus Gl. (4) für das dem zu betrachteten

den Punkte benachbarte Kernstück berechnet und zu den nach Gl. (5) für die übrigen 32 Teilstücke ermittelten Werten addiert.

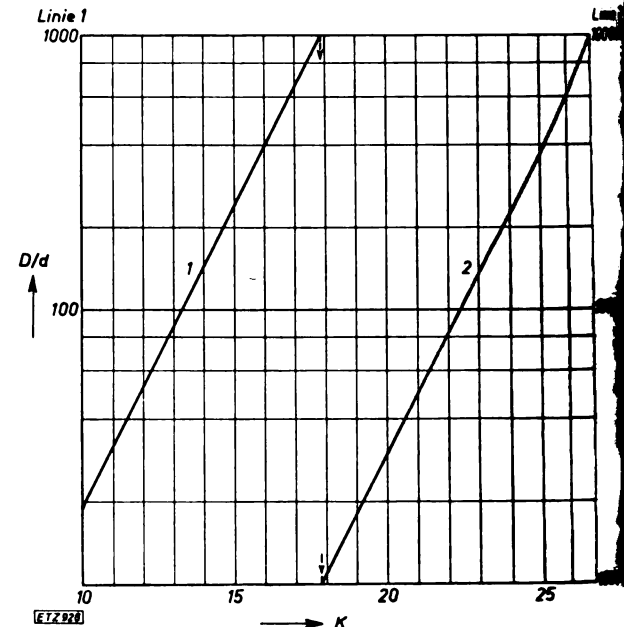


Bild 4. K abhängig von D/d.

Es genügt, dieses bis zu einer relativen Entfernung  $(q - 1) = 0,1$  durchzuführen, da bereits bei kleineren Werten als Übereinstimmung mit den nach Gl. (5) für sämtliche 36 Teilstücke ermittelten Faktoren K besteht.

Für sehr kleine Werte  $(q - 1)$  sind die Faktoren K abhängig von  $D/d$  in Bild 4 aufgetragen, wobei im Grenzfalle  $d$  der Durchmesser des Erders selbst ist. Bei Bänderdem  $d$  als gleichwertiger Durchmesser die halbe Bandbreite  $d/2$  gesetzt [5].

Mit  $q/4\pi^2 D = M$  geht Gl. (1) über in  $\varphi = I \cdot M \cdot K$ .

Man hat also bei gegebenem Ringdurchmesser  $D$  und für den betreffenden Erdboden gegebenen spezifischen Widerstand  $\rho$  den Wert  $M$  zu berechnen und für die gewünschten Punkte das Potential zu bestimmen, indem die für die betreffenden Punkte geltenden  $K$ -Faktoren eingesetzt werden. Der für die Entfernung  $(q - 1) D/2 = d/2$  geltende Faktor  $K$  bestimmt das Potential des Erders selbst, der Wert  $M \cdot K$  stellt dann den Widerstand des Erders dar.

Die bisherigen Betrachtungen beziehen sich, wie eingeleitet, vorausgesetzt, auf einen Erder im allseitig unendlichen Raum. Die wirklichen Erder liegen nun entweder an der Oberfläche oder in einiger Tiefe darunter. Die Erde ist demnach keinen Vollraum, sondern nur einen Halbraum. Unsere Betrachtungen dar. Um unsere bisherige Betrachtungsweise im Vollraum fortsetzen zu können, denken wir uns

Raum über der Erde als zweiten erdgefüllten Halbraum, in dem sich die im wirklichen Erdboden liegenden Erder als Spiegelbilder mit den gleichen Strömen wie ihre Originale befinden. Ein an der Erdoberfläche liegender Erder mit halbkreisförmigem Querschnitt, der den Strom  $I$  führt, wird dadurch zum Erder mit kreisförmigem Querschnitt mit dem Strom  $2I$  ergänzt.

An einem Zahlenbeispiel soll zunächst die Berechnung eines Ringerders an der Erdoberfläche und desselben Ringerders bei Einbettung 1 m unter der Erdoberfläche gezeigt werden.

**Beispiel 1**  
Berechnung eines Ringerders an der Erdoberfläche

Ein Ringerder mit dem Durchmesser  $D = 10$  m sei in einem Erdboden mit dem spezifischen Widerstand  $\rho = 100 \Omega\text{m}$  an der Erdoberfläche verlegt. Der Ersatzdurchmesser des Bandes ist  $d = 0,023$  m. Mit diesen Zahlenwerten ist:

$$M = \frac{\rho}{4\pi^2 D} = \frac{100}{4\pi^2 \cdot 10} = 0,254; \quad \frac{D}{d} = 435;$$

und nach Bild 4 erhält man  $K = 16,2$ . Da der Erder an der Erdoberfläche liegt, steht dem von ihm zu übertragenden Strom nur der unter ihm liegende Halbraum zur Verfügung. Daher hat man bei Benutzung von Gl. (6), die für den Vollraum gilt, in diese den doppelten Erderstrom  $2I$  einzusetzen. Damit wird das Potential des Erders

$$\varphi = 2I \cdot 0,254 \cdot 16,2 = I_e \cdot 8,24.$$

Der Widerstand des Erders ist also  $R = 8,4 \Omega$ .

Nach der für den Ringerder durch Lösung des elliptischen Integrals aufgestellten Formel [3] ist angenähert:

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d};$$

mit den obigen Zahlenwerten ergibt diese Formel  $8,28 \Omega$ .

**Beispiel 2**

Berechnung eines Ringerders im Erdreich

Obiger Ringerder sei in der Tiefe  $H = 1$  m unter der Erdoberfläche verlegt. Nach den vorigen Ausführungen hat man sich den Raum durch den unendlich weiten Halbraum über der Erdoberfläche zu einem Vollraum ergänzt zu denken, in dem 1 m über der Erdoberfläche das Spiegelbild des wirklichen Erders liegt, das ebenfalls den Strom  $I$  führt. Die Erdoberfläche wird damit zu einer Symmetrieebene ohne Stromkomponenten in senkrechter Richtung, womit die Bedingungen der Wirklichkeit erfüllt sind.

Das Potential des Erders wird von seinem Eigenpotential und von dem seines Spiegelbildes auf ihm erzeugten Potential bestimmt. Es ist

$$\varphi = IM(K_{11} + K'_{11}).$$

Der Faktor  $K_{11}$  ist der gleiche wie im Beispiel 1. Zur Bestimmung von  $K'_{11}$  sind die Größen  $p$  und  $q$  für das Spiegelbild bezogen auf einen Punkt der Oberfläche des wirklichen Erders zu bestimmen. Der senkrechte Abstand der Ebenen der beiden Erder ist  $2H = 2$  m, somit

$$p = \frac{2H}{D/2} = 0,4.$$

Da beide Erder den gleichen Ringdurchmesser haben, ist der Abstand eines Punktes auf dem Erder von der gemeinsamen Mittelpunktlage der konzentrischen Ringe  $A = D/2$  und daher  $q = \frac{A}{D/2} = 1$ .

Für diese Werte  $p$  und  $q$  findet man aus Bild 3 den Faktor  $K'_{11} = 6,0$ ; der Erder nimmt also das Potential

$$\varphi = I \cdot 0,254 \cdot (16,2 + 6,0) = I \cdot 5,65$$

d. h.  $R = 5,65 \Omega$ , also etwa 30% niedriger als bei Verlegung an der Erdoberfläche.

Zur Ermittlung der Schrittspannungen im Bereich des Erders soll nun der Verlauf des Potentials an der Erdoberfläche berechnet werden. Für den Erder wie auch für sein Spiegelbild ist der Abstand der Ringebenen von der Ebene der Erdoberfläche  $H = 1$  m und damit  $p_{10} = p'_{10} = 0,2$ . Für verschiedene Werte von  $q$  einzelner Punkte auf der Erdoberfläche in radialer Richtung vom Ringmittelpunkt sind die daraus für  $p = 0,2$  nach Bild 3 sich ergebenden  $K$ -Faktoren in Tafel 1 zusammengestellt.

Tafel 1

$q$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	2,0
$K$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
$K'$	6,1	6,15	6,3	6,5	6,85	7,3	6,15	5,2	4,4	3,8

Die  $K$ -Faktoren gelten wegen der zur Erdoberfläche symmetrischen Lage des wirklichen und spiegelbildlichen Erders für beide. Das Potential der einzelnen Punkte ist damit

$$\varphi_x = 2I \cdot 0,254 \cdot K = I \cdot 0,508 \cdot K;$$

der Erderstrom war zu  $I = 5,65 \varphi$  ermittelt, womit

$$\varphi_x = 0,09 \cdot \varphi \cdot K \text{ wird.}$$

Bild 5 zeigt den Verlauf des Potentials an der Erdoberfläche im Bereich des Erders. Man ersieht daraus den verhältnismäßig flachen Potentialverlauf für den unter der Erdoberfläche verlegten Erder, während das Gelände und damit die Schrittspannung bei dem an der Erdoberfläche liegenden viel größer ist.

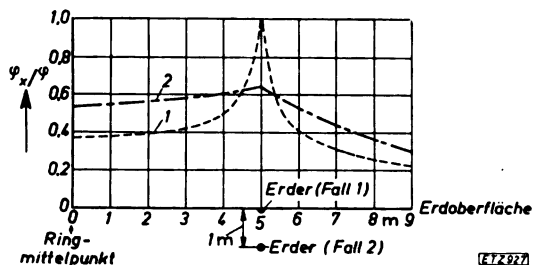


Bild 5. Potentialverlauf an der Erdoberfläche bei  
1. einem an der Erdoberfläche  
2. einem in 1 m Tiefe liegenden Ringerder vom Durchmesser  $D = 10$  m.

**Berechnung konzentrischer Ringerder**

Zur Potentialsteuerung bei Leitungsmasten werden mehrere konzentrische untereinander und mit dem Mast verbundene Ringerder in verschiedenen Tiefen so verlegt, daß ein möglichst gleichmäßiges Potentialgefälle erreicht wird. Die einzelnen Ringe haben also gleiches Potential, nehmen aber ungleiche Ströme auf, da sie verschieden lang sind und sich zudem gegenseitig beeinflussen. Jedem Erder ist wieder ein Spiegelbild zuzuordnen; der Querschnitt des an der Oberfläche liegenden Erders wird als halbkreisförmig angesehen, sein Spiegelbild ergänzt ihn zum Kreisquerschnitt. Den im Erdboden in der Tiefe  $H, H'$  usw. liegenden Erdern entsprechen Spiegelbilder in den betreffenden Höhen über der Erdoberfläche.

Das Potential des einzelnen Erders setzt sich aus seinem Eigenpotential und dem von den anderen Erdern an seinem Lageort erzeugten Potential linear zusammen. Demnach gelten für beispielsweise 3 Erder die 3 Gleichungen:

$$\varphi = I_1 M_1 (K_{11} + K'_{11}) + I_2 M_2 (K_{21} + K'_{21}) + I_3 M_3 (K_{31} + K'_{31}) \quad (7a)$$

$$\varphi = I_1 M_1 (K_{12} + K'_{12}) + I_2 M_2 (K_{22} + K'_{22}) + I_3 M_3 (K_{32} + K'_{32}) \quad (7b)$$

$$\varphi = I_1 M_1 (K_{13} + K'_{13}) + I_2 M_2 (K_{23} + K'_{23}) + I_3 M_3 (K_{33} + K'_{33}) \quad (7c)$$

Die Faktoren  $K_{11}, K_{22}, K_{33}$  sind vom Verhältnis  $D/d$ , d. h. von den Erderabmessungen abhängig, Bild 4 zu entnehmen, die übrigen Faktoren findet man aus den zugehörigen Werten  $p$  und  $q$  (Bild 3).

Bedeutet  $D_1$  bzw.  $D_2$  die Ringdurchmesser und  $H_1$  bzw.  $H_2$  die Verlegungstiefe für den Ringerder 1 bzw. 2, so ist

$$p_{12} = \frac{H_1 - H_2}{D_1/2} \quad \text{und} \quad q_{12} = \frac{D_2}{D_1}; \quad p_{21} = \frac{H_2 - H_1}{D_2/2}; \quad q_{21} = \frac{D_1}{D_2}.$$

Die  $p$ -Werte sind stets positiv einzusetzen. Es ist noch zu beachten, daß  $p_{12}$  nicht gleich  $p_{21}$  und  $q_{12}$  gleich  $1/q_{21}$  ist. In gleicher Weise sind die übrigen  $p$ - und  $q$ -Werte zu bilden und damit die zugehörigen  $K$ -Faktoren Bild 3 zu entnehmen.

Nun berechnet man aus dem für die Erderanordnung geltenden Gleichungssystem (7) die Ströme der einzelnen Erder und mit diesen das Potential, das wegen der Parallelschaltung allen Erdern gemeinsam ist. Aus dem Potential und dem von den wirklichen Erdern (nicht auch von den Spiegelbildern) abgegebenen Gesamtstrom wird der Widerstand der Anordnung ermittelt.

Weiter interessiert die Potentialverteilung an der Erdoberfläche wegen der Schrittspannungen. Die Erdoberfläche liegt symmetrisch zwischen den wirklichen Erdern und deren Spiegelbildern. Daher setzt sich das Potential an einem Punkte aus je zwei gleichen Anteilen jedes der vorhandenen wirklichen Erder zusammen. Die Berechnung wird sinngemäß wie im Beispiel 2 durchgeführt. Die Potentialsteuerung für einen Leitungsmast mit 3 Ringen soll nun berechnet werden.

**Beispiel 3**

Berechnung einer Potentialsteuerung mit drei Ringerdern

Ein Ringerder von 3 m Durchmesser an der Erdoberfläche ist mit 2 konzentrischen Ringen von 6 m und 12 m Durchmesser, die in 0,5 und 1 m Tiefe verlegt sind, zusammengeschlossen. Der Ersatzdurchmesser des Bandeisens ist  $d = 0,023$  m, der spezifische Widerstand des Bodens  $\rho = 100 \Omega\text{m}$ . Widerstand und Potentialverteilung der Erderanordnung sollen ermittelt werden.

a) Die Werte  $M$  (Gl. 6) sind:



Bild 6. Drei konzentrische Ringerder mit 3 m, 6 m, 12 m Durchmesser und 0 m, 0,5 m und 1 m Verlegungstiefe und deren Spiegelbilder. Originale und Spiegelbilder führen die Ströme  $I_1, I_2, I_3$ .

$$M_1 = \frac{100}{4 \pi^2 3} = 0,847; M_2 = \frac{100}{4 \pi^2 6} = 0,424; M_3 = \frac{100}{4 \pi^2 12} = 0,212.$$

b) Die Werte  $p$  und  $q$  (Gl. 2): Die Verlegungstiefen sind:  $H_1 = 0$  m;  $H_2 = 0,5$  m;  $H_3 = 1,0$  m; Die Ringdurchmesser sind:  $D_1 = 3$  m;  $D_2 = 6$  m;  $D_3 = 12$  m. Hieraus werden die in Tafel 2 zusammengestellten Werte  $p$  und  $q$  ermittelt, die  $K$ -Werte aus Bild 3 entnommen.

Tafel 2

$p_{12}$	$p_{13}$	$p_{21}$	$p_{23}$	$p_{31}$	$p_{32}$	$p'_{21}$	$p'_{23}$	$p'_{32}$	$p'_{31}$	$p'_{33}$	$p'_{32}$	$p'_{31}$
0,333	0,666	0,166	0,166	0,166	0,084	0,166	0,333	0,50	0,166	0,25	0,333	0,333
$q_{12}$	$q_{13}$	$q_{21}$	$q_{23}$	$q_{31}$	$q_{32}$	$q'_{21}$	$q'_{23}$	$q'_{32}$	$q'_{31}$	$q'_{33}$	$q'_{32}$	$q'_{31}$
2	4	0,5	2	0,25	0,5	0,5	1	2	0,25	0,5	1	1
$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{21}$	$K_{23}$	$K_{31}$	$K_{32}$	$K'_{21}$	$K'_{23}$	$K'_{32}$	$K'_{31}$	$K'_{33}$	$K'_{32}$	$K'_{31}$
3,3	1,55	6,6	3,3	6,3	6,7	6,6	6,35	3,25	6,3	6,4	6,35	6,35

Die Faktoren  $K_{11}, K_{22}, K_{33}$ , die sich auf den Erder selbst, d. h. auf seine Oberfläche beziehen, sind Bild 4 zu entnehmen.

Ring 1:  $\frac{D_1}{d_1} = 130, K_{11} = 13,8;$

Ring 2:  $\frac{D_2}{d_2} = 260, K_{22} = 15,2;$

Ring 3:  $\frac{D_3}{d_3} = 520, K_{33} = 16,6.$

Nun werden nach Gl. (7) die Ströme der einzelnen Erder berechnet. Für den an der Erdoberfläche liegenden Erder 1 und sein daneben liegendes Spiegelbild ist  $K_{11} = K'_{11}; K_{12} = K'_{12}; K_{13} = K'_{13}$ ; mit  $I_1, I_2$  und  $I_3$  ist sowohl der Strom des betr. Erders wie auch der seines Spiegelbildes bezeichnet.

$$\varphi = I_1 \cdot 0,847 (13,8 + 13,8) + I_2 \cdot 0,424 (6,6 + 6,6) + I_3 \cdot 0,212 (6,3 + 6,3)$$

$$\varphi = I_1 \cdot 0,847 (3,3 + 3,3) + I_2 \cdot 0,424 (15,2 + 6,35) + I_3 \cdot 0,212 (6,7 + 6,4)$$

$$\varphi = I_1 \cdot 0,847 (1,55 + 1,55) + I_2 \cdot 0,424 (3,3 + 3,25) + I_3 \cdot 0,212 (16,6 + 6,35)$$

Die Lösung dieser Gleichungen ergibt die Ströme

$$I_1 = 0,011 \varphi \quad I_2 = 0,051 \varphi \quad I_3 = 0,175 \varphi$$

Das Bild 6 zeigt die Erderanordnung mit den Spiegelbildern (gestrichelt) und die Stromverteilung auf die wirklichen und die gespiegelten Erder.

Der von der wirklichen Erderanordnung abgegebene Strom ist  $I = I_1 + I_2 + I_3$ ; demnach ist  $I = 0,233 \varphi$ ; der Widerstand der Kombination ist  $R = \frac{1}{0,233} = 4,3 \Omega.$

Die Potentialverteilung an der Erdoberfläche wird in der gleichen Weise wie im Beispiel 2 ermittelt. Hierfür sollen nun die Potentialbeiträge der Erder berechnet werden.

Erder 1 und sein Spiegelbild.

$$\varphi_{x1} = 2 I_1 \cdot M_1 \cdot K = 0,0186 K \cdot \varphi.$$

Für diesen Erder ist der Abstand von der Oberfläche  $H_{10} = 0$ , daher  $p_{10} = 0$ . Der Abstand der einzelnen Punkte vom Mittelpunkt des Ringes, gemessen auf der Erdoberfläche der Symmetrieebene, ist  $A = q D/2$ . In Tafel 3 sind die Faktoren  $K$  und damit die Potentialbeiträge  $\varphi_{x1}$  abhängig von  $q$  aufgetragen.

Tafel 3

$q$	0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	4,0
$K$	6,25	6,5	7,0	8,0	13,8	8,0	5,5	4,5	3,2	2,8	1,6
$\varphi_{x1}$	0,11	0,12	0,13	0,15	0,26	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04

Erder 2 und sein Spiegelbild

$$\varphi_{x2} = 2 I_2 M_2 K = 0,0432 K \varphi; p_{20} = \frac{H_2}{D_2/2} = \frac{0,5}{3} = 0,166$$

Tafel 4

$q$	0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	4,0
$K$	6,25	6,4	6,75	7,15	7,95	6,55	5,5	4,4	3,3	2,55	1,55
$\varphi_{x2}$	0,27	0,276	0,29	0,308	0,343	0,28	0,24	0,19	0,14	0,11	0,067

Erder 3 und sein Spiegelbild.

$$\varphi_{x3} = 2 I_3 M_3 K = 0,0724 K \varphi; p_{30} = \frac{H_3}{D_3/2} = \frac{1}{6} = 0,166$$

Tafel 5

$q$	0	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	4,0
$K$	6,25	6,4	6,75	7,15	7,95	6,55	5,5	4,4	3,3	2,55	1,55
$\varphi_{x3}$	0,45	0,46	0,49	0,52	0,57	0,47	0,40	0,32	0,24	0,19	0,11

In Bild 7 sind die Potentialbeiträge der einzelnen Erder und deren Summe als Gesamtpotential aufgetragen. Der Punkt 0 ist der Mittelpunkt der Ringerder auf der Erdoberfläche. Die gestrichelt gezeichnete Kurve stellt den Potentialverlauf dar, wenn nur der innere Ring vorhanden wäre und den gesamten Strom führen müßte. Dieser innere Ring stellt in roher Näherung den Fuß eines Mastes dar, dem jeder Mastfuß wirkt etwas mildernd auf die Steilheit des Potentialgefälles, doch ist dieses vielfach höher als bei der Steuerung durch die beiden Ringe. Der ungesteuerte Innenring hat eine höchste Schrittspannung von 70% seiner Gesamtspannung. Durch die Steuerung wird dieser Wert auf 14% herabgesetzt. Allerdings ist das Potentialgefälle noch etwas unregelmäßig, der Idealfall wäre ein gleichmäßiges Gefälle. Durch den Mastfuß wird noch ein geringer Ausgleich der Unebenheit der Kurve erreicht.

Die Wirkung eines Mastfußes entspricht sehr angenähert der eines Halbkugelerders mit dem Durchmesser gleich der diagonalen Entfernung der Eckstiele des Mastes. Bei Masten mit 4-Blockgründung ist allerdings zur Erreichung eines Halbkugelcharakters der Potentialkurve der Mastfuß über die Verlegung zweier Ringerder um den Mast erforderlich, der einer an der Oberfläche die 4 Fundamente umfaßt, während der zweite in etwa 1 m Tiefe mit 1 m größerem Durchmesser verlegt ist.

In einem weiteren Beispiel, dessen Ergebnis lediglich in Bild 8 gezeigt sein soll, ist die Anordnung des Beispiels noch durch einen Ring mit 18 m Durchmesser und 1,5 m Verlegungstiefe erweitert. Dadurch wird die höchste Schrittspannung auf 8% der Gesamtspannung herabgesetzt.

**Praktische Durchführbarkeit der Potentialsteuerung**

Die Untersuchungen zeigen, daß mit dem hier angegebenen Aufwand die Schrittspannung bis auf 8% der Spannung des Mastes im Fehlerfall herabgesetzt werden kann. Nimmt man eine Schrittspannung von 250 V/m für die kürzesten Abschaltzeiten in Anlagen mit starrer Sternpunktterdung zu zulässig an, so dürfte die Fehlerspannung des Mastes 310 V betragen. Der Aufwand für die Potentialsteuerung eines Mastes ist höher als für die Mastterdung im allgemeinen üblich.

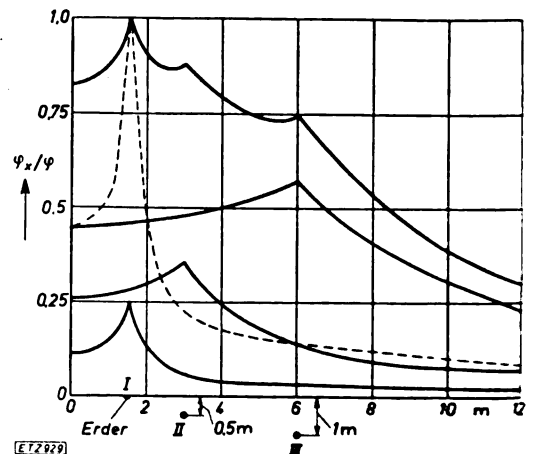


Bild 7. Potentialverteilung an der Erdoberfläche für 3 Ringe nach 1



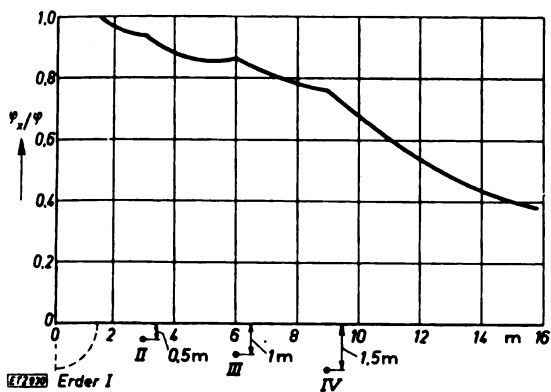


Bild 8. Potentialverteilung für eine Anordnung nach Bild 6 mit einem weiteren konzentrischen Ring von 18 m Dmr. in 1,5 m Tiefe.

So ist in dem letzten Beispiel etwa 200 m Erdungsband erforderlich, wovon ein großer Anteil in 1 m und 1,5 m Tiefe verlegt werden muß. Die Wirkung der Erderanordnung als

Blitzableitererder ist wesentlich besser als die eines Vierstrahlerders mit 200 m Gesamtlänge. Die Länge der die Ringe verbindenden vier von den Eckstielen des Mastes ausgehenden Bänder ist nur je 7,5 m, die Verbindungspunkte mit den Ringen stellen Reflexionspunkte dar, an denen jeweils eine Brechung der Stromwelle stattfindet, wobei im Zusammenhang mit der Überleitung des Stromes an das Erdreich ein schnellerer Spannungsabbau erfolgt als bei gestreckten Erdungsbändern.

Die Berechnung der Potentialsteuerung ist in der gezeigten Weise für beliebig viele Ringe durchführbar.

**Schrifttum**

- [1] W. Koch: Erdungsmaßnahmen für Höchstspannungsanlagen mit geradem Sternpunkt. ETZ 71 (1950) S. 89.
- [2] M. Wettstein: Vorausberechnung der Masse, der Form und der Anordnung der Erdelektroden bei der Erstellung von Erdungsanlagen. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 42 (1951) Nr. 2, S. 49.
- [3] F. Ollendorff: Erdströme. Springer-Verlag, Berlin 1928.
- [4] K. Küpfmüller: Einführung in die Elektrotechnik. Springer-Verlag, Berlin 1941.
- [5] R. Rüdenerg: Transient Performance of Electric Power Systems. McGraw-Hill Book Company N. Y., 1951.

## Das allgemeine Leistungsdiagramm des aktiven Zweipols (Anpassungsdiagramm)

Von Hermann Wiegler, Saarbrücken

DK 621.3.012 : 621.3.016.2

Die Leistungs-Daten eines Senders<sup>1</sup> konstanter Ursprungung  $U_0$  und konstanten Innenwiderstands  $R_i$  sind (Bild 1):  $N_a, N_i, N_g$ .

An den Empfänger wird abgegeben die

$$\text{Nutzleistung } N_a = U_0^2 \cdot \frac{R_a}{(R_i + R_a)^2}$$

Der Sender vergeudet dabei (normalerweise: setzt in unerwünschte Wärme um)<sup>2</sup> die

$$\text{Verlustleistung } N_i = U_0^2 \cdot \frac{R_i}{(R_i + R_a)^2}$$

Dem Sender muß also zugeführt werden die

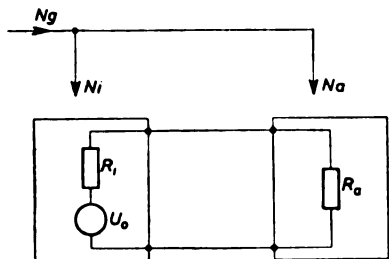
$$\text{Gesamtleistung } N_g = N_a + N_i = U_0^2 \cdot \frac{1}{R_i + R_a}$$

arbeitet also mit dem Wirkungsgrad  $\eta = \frac{N_a}{N_g} = \frac{R_a}{R_i + R_a}$ .

Nun sei normiert, indem die Leistungen auf die maximale Nutzleistung des Senders

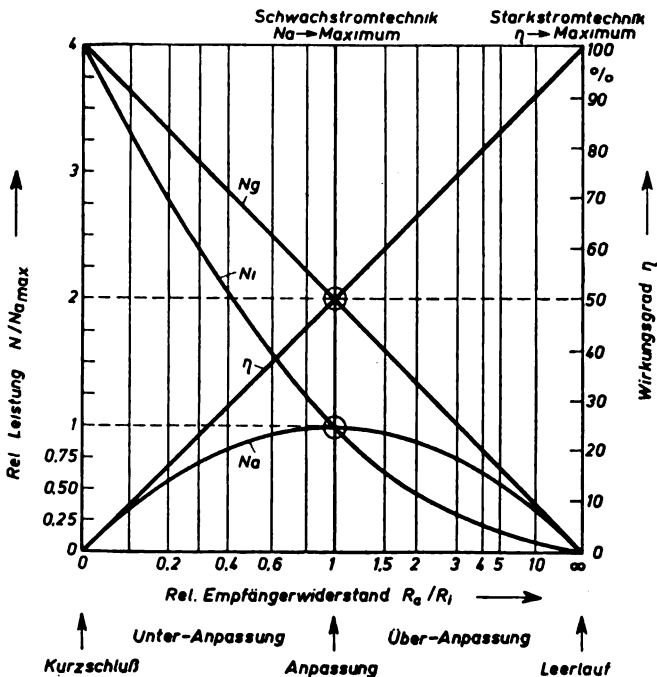
$$N_{a_{\max}} = \frac{U_0^2}{4R_i}$$

und die Empfängerwiderstände auf den Senderwiderstand  $R$  bezogen werden.



(ETZ 839)

Bild 1. Leistungsschema des einfachen Stromkreises.



(ETZ 839)

Bild 2. Allgemeines Leistungsdiagramm des aktiven Zweipols.

Bezieht man ferner den Leerlauf ( $R_a/R_i = \infty$ ) ein durch  $\frac{R_a/R_i}{1 + R_a/R_i}$ , die Abszistentransformation  $x = \frac{R_a/R_i}{1 + R_a/R_i}$ ,

verzerrt die Abszisse aber in den richtigen Zahlen  $R_a/R_i$ , so erhält man das Anpassungs-Diagramm in der übersichtlichen und einprägsamen Gestalt von Bild 2. Im Gegensatz zu den sonst üblichen Darstellungen mit linearem oder logarithmischem Abszissenmaßstab enthält es alle Leistungsdaten des gesamten Arbeitsbereichs von Kurzschluß bis Leerlauf. Dies Diagramm besitzt vor der ebenfalls zu findenden Darstellungsform mit geknicktem Abszissenmaßstab (bei Unteranpassung  $R_a/R_i$ , bei Überanpassung  $R/R_a$ ) den Vorzug, als Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen graphisch und rechnerisch geeignet zu sein.

<sup>1</sup> in allgemeinem Sinne = Quelle elektrischer Leistung; vgl. z. B. Feldtkeller, Einführung in die Vierpoltheorie; Leipzig 1937, S. 4.  
<sup>2</sup> Dabei ist nur die Verlustleistung durch Fehlanpassung betrachtet. Je gegebenenfalls zusätzlichen Verluste der im Sender stattfindenden Leistungsumwandlung in seiner Eigenschaft als beispielsweise mechanisch-elektrischer Leistungswandler bleiben hier außer Ansatz.

## Über die Gasfestigkeit von Isolierölen im elektrischen Feld

(Mitteilung aus dem Versuchsfeld des Transformatorenwerkes der Siemens-Schuckertwerke AG., Nürnberg)

Von Theo Wörner, Nürnberg

DK 621.315.619.2

### Durchführung der Versuche

**Übersicht.** Es wird über die Gasfestigkeit und Gasabspaltung der Isolieröle im elektrischen Feld berichtet. Für die Prüfung der Öle auf Gasfestigkeit wird ein neues Gerät entwickelt. Mit diesem werden die physikalischen und chemischen Zusammenhänge der Gasaufnahme und Gasabspaltung geklärt. Auf Grund der Untersuchungen werden drei Gruppen von Isolierölen unterschieden: gasfeste, bedingt gasfeste und nicht gasfeste Isolieröle.

### Einleitung

Bringt man die Grenzfläche zwischen einem flüssigen Kohlenwasserstoff und einem Gas in ein genügend hohes elektrisches Feld, so daß sich in der über dem Flüssigkeitsspiegel liegenden Gasschicht eine elektrische Entladung ausbilden kann, so beobachtet man ein sehr heftiges Sprudeln der Flüssigkeitsoberfläche, das sich bis zu einer Tiefe von 1...2 cm erstrecken kann (Walleffekt). Über diese Erscheinung, daß Kohlenwasserstoffe durch elektrische Felder beeinflusst werden können, sind seit 1796 zahlreiche Veröffentlichungen erschienen (vgl. z. B. Bondt, Deimon, van Trostwyck, Lauwerenburg [1]). Nach der Erfindung der als Siemensches Ozonrohr bekannten Entladungsröhre durch W. v. Siemens [2] haben sich neben anderen Forschern vor allem M. P. v. Wilde [3], H. Becker [4], [5] und F. Evers [6] in Deutschland mit dieser Erscheinung beschäftigt und gezeigt, auf welche Weise Kohlenwasserstoffe durch elektrische Entladungen verändert werden können.

Nimmt man nun als Kohlenwasserstoff ein Isolieröl und als Gas Luft unter Atmosphärendruck und bringt die Grenzfläche Öl/Luft in einem abgeschlossenen Gefäß unter die Einwirkung eines genügend hohen elektrischen Feldes, so beobachtet man ein Ansteigen oder Abnehmen sowohl des Druckes als auch des Volumens. Isolieröle zeigen also die Fähigkeit, unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes Gas abzuspalten oder aufzunehmen. Diese Erscheinung ist für den Elektrotechniker, der besonders bei Hochspannungseinheiten hohe Anforderungen an das Isolieröl stellen muß, sehr wichtig. Bei der Aufbereitung eines Transformators beispielsweise wird zwar alle Luft durch Evakuieren aus dem Transformator entfernt. Dennoch wird es sich kaum vermeiden lassen, daß nicht irgendwo ein kleiner Luftrest zurückbleibt, vor allem innerhalb des Wicklungsaufbaues. Dieser kleine Luftrest kann nun, wenn die Grenzfläche Öl/Luft unter hoher elektrischer Beanspruchung steht, die Gefahr eines Durchschlages herbeiführen, sobald das Isolieröl im elektrischen Feld Gas abspaltet; denn durch diese zusätzliche Abspaltung aus dem Öl wird der kleine Luftrest vergrößert und damit zur Gefahr für die elektrische Festigkeit. Diese Erscheinung wurde auch frühzeitig erkannt. So hat G. W. Nederbragt [7] vor allem an Kabelölen die Gasabspaltung und Aufnahme im elektrischen Feld untersucht und an einigen Stellen wird seit mehr als 15 Jahren zur Prüfung der Isolieröle auf Gasfestigkeit ein von Pirelli<sup>1</sup> und dem Amsterdamer Laboratorium der Bataafsch Petroleum Maatschappij entwickeltes Gerät verwendet. In jüngster Zeit ist von G. H. Beavon, J. A. Cockburn u. C. H. Thompson [8] eine umfassende Arbeit über die Gasabspaltung von Isolierölen erschienen. Die Ergebnisse dieser Arbeit stimmen im wesentlichen mit denen der hier niedergelegten überein. Auf Grund der Veränderungen, die Kohlenwasserstoffe durch elektrische Gasentladungen, in der Siemensröhre erleiden, hat übrigens Th. Rummel [9, 10, 11, 12] eine Schnellalterungsprüfung für Isolieröle ausgearbeitet.

Da nun jedes Isolieröl, das in Hochspannungseinheiten verwendet wird, auf Gasfestigkeit unter Luftatmosphäre geprüft werden muß, waren 2 Versuchsaufgaben durchzuführen [12]: 1. Eine Untersuchung darüber, wie die Gasfestigkeit eines Isolieröles am zweckmäßigsten geprüft wird, 2. warum Isolieröle unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes einmal Gasaufnahme, das andere Mal Gasabspaltung zeigen.

<sup>1</sup> Nach einer unveröffentlichten Mitteilung.

Das neue Gerät. — Um Reihenuntersuchungen über die Gasfestigkeit der Isolieröle auch durch angelegte Kräfte durchführen zu können, wurde zunächst ein neues Gerät entwickelt, da sich beim Gebrauch der Pirelliapparatur im Laufe der Zeit Mängel herausgestellt hatten. Das neue Gerät wurde in Anlehnung an das bekannte Siemensrohr gebaut, sendungsfähig zeigt Bild 1. Es besteht aus zwei konzentrischen Glasröhren von ungefähr 15 cm Länge. Oben sind zwei Ansätze angebracht, die mit einem Absperrhahn und einem Glasschliff versehen sind. Der eine Ansatz ist bestimmt für den Anschluß der Anzeigevorrichtung und der andere für das Aufsetzen eines Glasbechers zum Einfüllen des Öles. An der Seite ist noch ein dritter Ansatz mit Absperrhahn angebracht, mit dessen Hilfe das Gerät evakuiert oder gegebenenfalls auch mit verschiedenen Gasen gefüllt werden kann. Das Öl wird bis zu einer Marke *a* eingefüllt und es erreicht nach Erhitzen auf Betriebstemperatur eine zweite Marke *b*. Ist eine Untersuchung des Öles im entgasen Zustand erwünscht, so kann es durch den Einfüllstutzen unter Vakuum eingespritzt werden. Als innere Elektrode dient die mit angesäuertem Leitungswasser gefüllte innere Glasröhre und als äußere Elektrode eine Manschette aus Metallfolie, die um das äußere Glasrohr so gelegt wird, daß sich die Marke *b* genau in der Mitte der 5 cm hohen Manschette befindet. Die innere Elektrode steht unter Spannung, die äußere wird geerdet.

[ET 291]

Bild 1. Neues Gerät zur Prüfung der Gasfestigkeit von Isolieröl.

Die Abmessungen der beiden Glasröhren sind so gewählt, daß das elektrische Feld weitgehend als homogen anzusprechen ist. Der äußere Durchmesser der äußeren Glasröhre beträgt 46 mm, der innere Durchmesser der inneren Röhre 36 mm, die Glasstärke der beiden Röhren ist einheitlich 1 mm. Dies ergibt einen Feldabstand von 3 mm.

Als Anzeigevorrichtung dient ein U-förmiges Glasrohr, das mit Öl gefüllt ist. Gemessen wird der Druckunterschied in cm Ölsäule zwischen dem Außendruck und dem Druck im Gerät.

Das neue Gerät hat nun gegenüber dem bisher verwendeten Pirelli-Gerät den Vorteil, daß es evakuierbar ist und die Möglichkeit besitzt, mit anderen Gasen gefüllt zu werden. Ein weiterer Vorteil liegt in seiner einfachen Handhabung. Durch Schliffverbindungen läßt sich das Gerät leicht zusammensetzen und nach dem Einfüllen der Ölmenge braucht das Gerät nur noch auf die Betriebstemperatur gebracht und die Spannung angelegt zu werden. Ein Nachteil für das Gerät ist jedoch seine schwierige Reinigung. Sie kann nicht dadurch verbessert werden, daß die innere Glasröhre herausnehmbar angeordnet wird; denn es würde dann große Schwierigkeiten machen, die Einfüll-, Anzeige- und Entgasungsstutzen anzubringen. Durch eine Vielzahl von Versuchen wurde das gleichmäßige Arbeiten mit diesem Gerät und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sichergestellt.

Untersuchung der Abänderung der Betriebsbedingungen. — Zunächst wurde das Verhalten des neuen Gerätes bei Abänderung der Betriebsbedingungen untersucht. Es lag der Gedanke nahe, durch Erhöhung der Frequenz der angelegten Wechselspannung die Versuchsdauer abzukürzen. Dabei konnte festgestellt werden, daß kein grundsätzlicher Unterschied besteht, bei welcher Frequenz die Untersuchungen durchgeführt werden. Der einzige Unterschied liegt im zeitlichen Ablauf. Durch Anwendung von 500 Hz konnte die Versuchsdauer auf ein Sechstel verringert werden. Wenn es also gilt, bei der Prüfung Zeit zu sparen, wird man ohne Bedenken eine Frequenz von 500 Hz verwenden können.

Untersuchungen über das Verhalten der Isolieröle bei verschiedenen Betriebstemperaturen ergaben keinen qualitativen Unterschied im Ablauf der Vorgänge. Mit steigender Temperatur werden die einzelnen Phasen ausgeprägter und laufen zeitlich schneller ab. Die Geschwindigkeit der Gasaufnahme und Abspaltung nimmt also mit Erhöhung der Temperatur zu.

Ändert man die Spannung, also die angelegte Feldstärke, so zeigt sich, daß mit zunehmender Feldstärke die Geschwindigkeit der Gasaufnahme oder Abspaltung ähnlich wie bei der Änderung der Temperatur zunimmt.

Wird der Einfluß des über dem Öl befindlichen Luftvolumens auf den Ablauf der Vorgänge untersucht, so kann festgestellt werden, daß mit zunehmendem Luftvolumen die Gasaufnahme und Abspaltung größer wird. Für die Prüfung auf Gasfestigkeit ist es deshalb zweckmäßig, das Luftvolumen über dem Öl möglichst groß zu wählen; denn erweist sich ein Öl bei großem Luftvolumen als gasfest, so wird es sich auch im praktischen Betrieb so verhalten, wo ja vorhandene Luftreste ein sehr beschränktes Gasvolumen darstellen.

Versuche über die Veränderung der zeitlichen Beanspruchung ergaben, daß ungefähr nach 5stündiger Feldeinwirkung bei 500 Hz das Isolieröl merklich verändert wird. Die Versuche wurden mit Hilfe von Ramananalysen [13], [14] durchgeführt, indem nach je einer Stunde Feldeinwirkung das Öl ramananalytisch auf seine Veränderung untersucht wurde.

Als letzte Veränderliche wurde der Ölzustand selbst untersucht im Hinblick darauf, ob das Öl entgast oder mit Gas abgesättigt geprüft werden soll. Es zeigte sich, daß entgastes Öl am Anfang schneller und bedeutend mehr Gas aufnimmt als abgesättigtes und daß die Geschwindigkeit der folgenden Gasabspaltung und Wiederaufnahme größer ist als beim abgesättigten Öl.

Als Ergebnis aller dieser Versuche läßt sich für die Gasstigeprüfung folgende Arbeitsweise festsetzen: 20 cm<sup>3</sup> Isolieröl werden in das Gerät unter Vakuum eingesprüht, mit trockener Luft abgesättigt und in einem Ölbad auf 80 °C aufgeheizt. Dann wird an das Öl eine Spannung von 8,5 kV gelegt und bei 500 Hz läßt man die Feldstärke 4 Stunden lang einwirken, wobei die Temperatur konstant gehalten wird. Während dieser Zeit werden in regelmäßigen Abständen der Druckunterschied am Ölmanometer abgelesen und diese Druckunterschiede in Abhängigkeit von der Zeit in einer Kurve aufgetragen.

Prüft man nach dieser Methode verschiedene Isolieröle, so kann man sie in drei charakteristische Gruppen einteilen, wie Bild 2 zeigt. Öl A wird als „gasfest“ bezeichnet, da die Gasaufnahme während der ganzen Prüfung der Abspaltung überwiegt. Öl B ist nur „bedingt gasfest“, die Abspaltung überwiegt während eines Teiles der Prüfung der Gasaufnahme. Öl C dagegen ist „nicht gasfest“, es spaltet während der Prüfung mehr Gas ab als es anfangs aufgenommen hat.

Untersuchung der Vorgänge bei Gasabspaltung und Gasaufnahme. — Betrachtet man die Gaskurven der 3 Gruppen von Isolierölen, so sieht man, daß sie unter Luftatmosphäre mehr oder weniger denselben Verlauf haben. Am Anfang ist immer Gasaufnahme zu beobachten, diese geht dann in Gasabspaltung über und in der letzten Phase zeigt sich wieder Aufnahme oder die Abspaltung

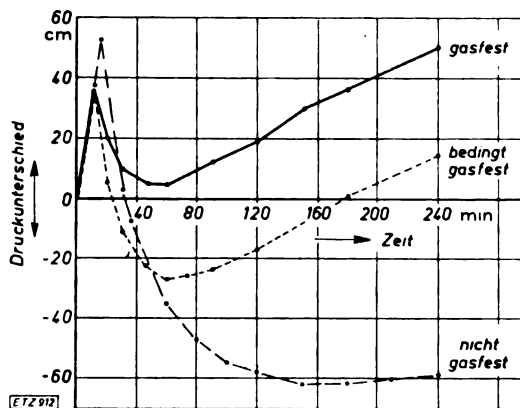
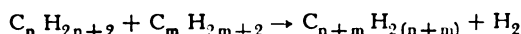


Bild 2. Charakteristische Gaskurven.

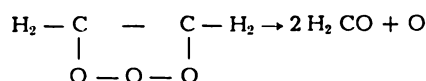
bleibt erhalten. Die Vorgänge, die zu diesem charakteristischen Verlauf führen, galt es nun aufzuklären. Zu diesem Zweck wurde ein bedingt gasfestes Öl unter Luft, Stickstoff und Wasserstoff geprüft. Die Kurve unter Luft zeigte den üblichen Verlauf, unter Stickstoff ergab sich sofort Abspaltung, um dann wieder in Aufnahme überzugehen und unter Wasserstoff zeigte sich nur Aufnahme. Die anfängliche Aufnahme unter Luft muß also mit dem Sauerstoff der Luft zusammenhängen. Bringt man nämlich ein nur mit Luft gefülltes Gerät ins elektrische Feld, so zeigt sich am Anfang ein ziemlicher Anstieg der Druckabnahme, die dann in einen Sättigungswert übergeht. Der Grund für diesen Verlauf ist durch Ozonbildung aus dem Sauerstoff der Luft erklärbar. Dieses Ozon kann nur vom Öl absorbiert, also gelöst werden. Die Löslichkeit von Ozon in Kohlenwasserstoffen ist ungefähr 10 mal so groß wie die von Sauerstoff [15]. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, daß das Öl durch das Ozon oxydiert wird. Bei Prüfung unter Stickstoff tritt dies nicht auf, denn hier ist ja kein Sauerstoff vorhanden. Die anfängliche Gasaufnahme ist also bedingt durch den Sauerstoff, wobei Ozon gebildet und dieses Ozon dann wahrscheinlich vom Öl gelöst wird und auch zur Oxydation beiträgt. Auf der Druckverminderung durch Oxydation beruht übrigens auch die Prüfung der Alterungsneigung nach Moureu-van Rysselberge [16, 17].

Zur Aufklärung der zweiten Phase der Gaskurve, also der Abspaltung, wurde das abgespaltene Gas analysiert. Dabei wurde hauptsächlich Wasserstoff gefunden. Diese Wasserstoffabspaltung ist dadurch zu erklären, daß die gesättigten Kohlenwasserstoffe durch Stoßeinwirkung von Elektronen oder Ionen zu höheren Kohlenwasserstoffen polymerisieren und dabei Wasserstoff abgeben, gemäß der Gleichung



worauf auch schon Becker [5] und Evers [6] hingewiesen haben.

Interessant ist noch, daß bei dem gleichen Öl unter Luft mehr Gas abgespalten wird als unter Stickstoff, obwohl man unter gleichen Betriebsbedingungen gleiche Abspaltung erwarten müßte. Diese größere Abspaltung unter Luft läßt sich dadurch erklären, daß durch die Bildung von Ozon aus dem Luftsauerstoff im Öl Ozonide gebildet werden, die durch Einwirkung von Wärme in Aldehyde und Sauerstoff zerfallen können, gemäß der von Evers angegebenen Gleichung am Äthylenozonid:



Sie ist also bedingt durch das zusätzliche Austreten von Sauerstoff.

Für die letzte Phase der Gaskurve, für das Wiederauftreten von Gasaufnahme, ergibt sich folgende Erklärung: Unter Wasserstoff zeigt sich nur Gasaufnahme. Eine Umsetzung des Wasserstoffs infolge der Feldeinwirkung kann nicht erfolgen, auch kann der Wasserstoff, der durch Abspaltung ge-

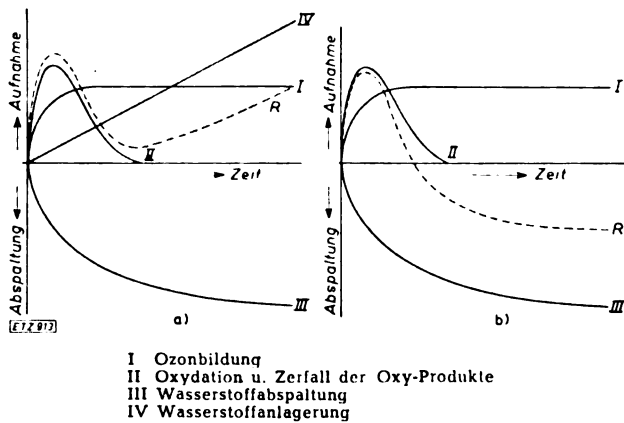


Bild 3. Schematische Darstellung der Vorgänge im elektrischen Feld.

bildet wird, im Öl nicht mehr gelöst werden, da es vorher schon mit Wasserstoff abgesättigt war. Es muß also eine Umsetzung im Öl mit dem Wasserstoff erfolgen, er muß sich an geeignete Kohlenwasserstoffmoleküle anlagern, ähnlich wie es E. Eichwald und H. Vogel [18] bei Fettsäuren festgestellt haben. Eigene Versuche haben ergeben, daß bei Isolierölen hauptsächlich aromatische Kohlenwasserstoffe für die Gasfestigkeit verantwortlich sind.

In Bild 3a und 3b ist nun der Versuch gemacht, die Erklärungen für den charakteristischen Verlauf der Gaskurven unter Luft schematisch darzustellen. Kurve I stellt die Bildung von Ozon durch das elektrische Feld dar. Kurve II bedeutet im aufnehmenden Teil die Absorption des gebildeten Ozons und die Oxydation zu Ozoniden. Der Zerfall der Ozonide in Aldehyd und Sauerstoff drückt sich in Umkehr dieser Kurve nach Gasabspaltung hin aus. Kurve III ist die Darstellung der Wasserstoffabspaltung. Kurve IV bedeutet schließlich die Anlagerung des gebildeten Wasserstoffs an geeignete Kohlenwasserstoffarten, sie entspricht der Kurve, die man bei der Prüfung unter reinem Wasserstoff erhält. Bildet man aus diesen 4 Kurven die gestrichelte Resultierende, so ergibt sich der charakteristische Verlauf. Fehlen im Öl die geeigneten Kohlenwasserstoffarten, so fällt die Kurve IV weg und es ergibt sich eine Resultierende, wie sie Bild 3b zeigt, also ein nicht gasfester Ablauf. Die Resultierende ist demnach eine Überlagerung der 4 oder 3 einzelnen Kurven, wobei am Anfang der Ozoneffekt, verbunden mit der Oxydation, überwiegt, dann herrschen die Polymerisationerscheinungen, angezeigt durch Wasserstoffabspaltung, und der Zerfall der Oxydationsprodukte vor, und zum Schluß dominiert wieder die Anlagerung von Wasserstoff, gegebenenfalls verbunden mit einer weiteren Oxydation nach Moureu - van Rysselberge. Fällt die Anlagerung von Wasserstoff weg, bleibt die Gasabspaltung beibehalten.

Aus dieser schematischen Darstellung muß der Schluß gezogen werden, daß die Gasfestigkeit eines Isolieröles von der chemischen Zusammensetzung abhängt. Zum Beweis für diese Schlußfolgerung wurde ein gasabspaltendes Isolieröl mit einem Additiv versehen und unter Luft geprüft. Die Gaskurve dieses Öles und des Ausgangsöles zeigt Bild 4, sie hat eine Charakteristik, wie sie sonst nur unter Wasserstoff erhalten wird, also einen absolut gasfesten Verlauf.

Von verschiedenen Seiten wurde der Vorschlag gemacht, Isolieröle nur unter Wasserstoffatmosphäre zu prüfen. Diesem Vorschlag kann nicht zugestimmt werden; denn eine Prüfung unter Luft ist ein bedeutend schärferes Kriterium für die Gasfestigkeit. Es gibt zwar Öle, die auch unter Wasserstoff „nicht gasfest“ sind, darüber hinaus zeigen aber auch unter Wasserstoff gasfeste Öle, daß sie unter Luft nur bedingt gasfest sind, wie an Hand der Versuche zur Aufklärung der Vorgänge gezeigt werden konnte. Ein weiterer Grund für die Prüfung unter Luft ist der, daß für den Hochspannungstechniker, besonders für den Transformatorenbauer,

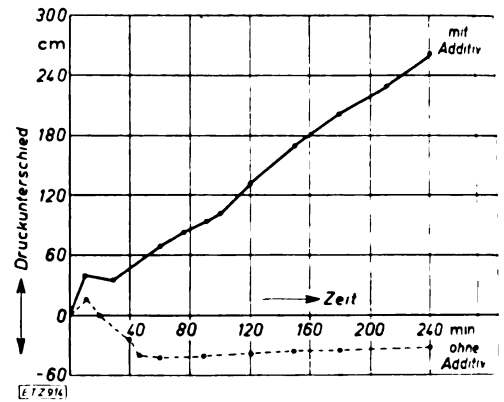


Bild 4. Gaskurve von Isolieröl mit und ohne Additiv.

nur das Verhalten bei Anwesenheit von Luft von Interesse ist, da ja die Hochspannungsgeräte sowohl während des Baues als auch später im Betrieb nur mit Luft in Berührung kommen.

### Zusammenfassung

Es erscheint zweckmäßig, die einzelnen Ergebnisse einmal kurz zusammenzufassen:

Für die Prüfung der Isolieröle im nicht gealterten Zustand auf Gasfestigkeit wurde ein neues Gerät entwickelt, dem das bekannte Siemenssche Entladungsröhr zu Grunde liegt. Sein Vorteil ist die Evakuierbarkeit, das Öl kann also entgast oder mit Gas abgesättigt geprüft werden. Man kann in verschiedenen Gasatmosphären arbeiten. Die Anzeige geschieht in einem U-förmigen Ölmanometer. Die Handhabung des Gerätes ist einfach. Einen Nachteil bei der schwierigen Reinigung.

Ändert man die Betriebsbedingungen, so ergibt sich ein Einfluß auf den charakteristischen Verlauf der Gaskurve. Die einzelnen Phasen laufen schneller und intensiver, wenn die Frequenz, Temperatur, Feldstärke oder der Druckraum über dem Öl erhöht werden.

Bei Prüfung von Ölen auf Gasfestigkeit werden drei Typen unterschieden, gasfeste, bedingt gasfeste und nicht gasfeste Isolieröle. Der Grund für diese drei Erscheinungen ist die chemische Zusammensetzung der Öle. Dies ist klar zum Ausdruck, wenn man den charakteristischen Verlauf der Gaskurve deutet. Die anfängliche Gasabspaltung ist die Bildung von Ozon aus dem Luftsauerstoff und deren Absorption und Oxydation durch das Ozon. Die zweite Phase ist die Abspaltung von Wasserstoff durch Polymerisation abgesättigter Kohlenwasserstoffe und gegebenenfalls auch die Bildung von Sauerstoff durch Zerfall der Oxydationsprodukte. Die dritte Phase bedeutet eine Anlagerung des Wasserstoffs an geeignete Kohlenwasserstoffarten im Öl. Bei diesen, so bleibt das Öl nicht gasfest. Aufgabe der Forschung wird es nun sein, durch geeignete chemische Zusammensetzung Isolieröle herzustellen, die unter Luft absolut gasfest sind.

### Schrifttum

- [1] Ann. Chim. 21 (1796) S. 58.
- [2] W. v. Siemens: Pogg. Ann. 102 (1857) S. 110.
- [3] M. P. v. Wilde: Ber. dtsh. chem. Ges. 7 (1874) S. 355.
- [4] H. Becker: Wiss. Veröff. Siemens Werke V, 1 (1925) S. 5.
- [5] H. Becker: Wiss. Veröff. Siemens Werke VIII, 2 (1927) S. 10.
- [6] F. Evers: Siemens Z. 15 (1935) S. 125.
- [7] G. W. Niederbracht: J. Inst. electr. Engrs. 79 (1930) S. 100.
- [8] G. W. Beavon u. Mitarbeiter: J. Inst. Petrol. 35 (1949) S. 149.
- [9] Th. Rummel: Wiss. Veröff. Siemens Werke, Werkstoffheft 1940, S. 278.
- [10] Th. Rummel: Z. Elektrochemie 47 (1941) S. 120.
- [11] Th. Rummel: Kolloid Z. 1941.
- [12] Th. Wörner: Erdöl u. Kohle 3 (1950) S. 427.
- [13] Th. Wörner: VDE-Fachber. 12 (1948) S. 98.
- [14] Th. Wörner: ETZ 71 (1950) S. 292.
- [15] Landoldt-Börnstein: Phys. chem. Tabellen, 7. Aufl., S. 131.
- [16] Ch. Moureu: Chim. et Ind. 18 (1927) Nr. 1.
- [17] M. v. Rysselberge: Chim. et Ind. 21 (1930) S. 275.
- [18] E. Eichwald u. H. Vogel: Z. angew. Chemie 35 (1922) S. 100.

# Deutsche Industrie-Ausstellung, Berlin 1951

Von E. Roessler, Berlin

DK 061.4 : 621

„Die Deutsche Industrie-Ausstellung 1951 in Berlin hat eine zweifache Aufgabe. Sie soll in einer großen Schau die Leistungskraft der deutschen Industrie darstellen und Zeugnis geben von dem Stand, den die deutsche Industrie durch Fleiß, Können und Hingabe aller in der Industrie tätigen Menschen wieder erreicht hat. Zum anderen soll die Ausstellung hier in Berlin die Bedeutung unterstreichen, die die Bundesrepublik unverändert Berlin und dem deutschen Osten zuerkennt. — Die Industrie-Ausstellung des vergangenen Jahres, die unter dem gleichen Motto stand, war ein Erfolg in beider Hinsicht... Daß von der Deutschen Industrie-Ausstellung 1951 noch stärkere Impulse ausgehen mögen, ist mein Wunsch, den ich ihr auf den Weg gebe.“

Mit diesen Worten eröffnete der Herr Bundeskanzler Dr. Adenauer die Ausstellung. Technisch gesehen stand sie unter dem Zeichen der Wiedereinführung des Fernsehens. Auf der Spitze des Funkturmes steht seit kurzem die neue UKW-Mehrweckantenne, die nicht nur die Bild- und Tonsendung des Fernsehens und den UKW-Rundfunk ausstrahlen wird, sondern gleichzeitig auch vom Polizei-Sprechfunk benutzt wird. Ihre Zusammensetzung aus breitbandigen Kreuzstrahlern (Schmetterlingen), horizontalen Ringstrahlern (Kruckenkreuzen) und der vertikalen Zweimal- $\lambda/2$ -Stabantenne zeigt Bild 1.

### Fernsehen

Bekanntlich muß beim Fernsehen wegen des breiten zu übertragenden Frequenzbandes die Trägerfrequenz so hoch sein, daß sie in jenem Teil der Wellenskala liegt, in dem sich die elektromagnetischen Wellen nur mehr geradlinig ausbreiten und bei der Beugung um Hindernisse schnell an Leistung verlieren ( $\lambda \sim 1,5$  m). Deshalb stellt man die Antenne möglichst hoch auf, um eine große Reichweite zu erzielen.

Die Einführung des Fernsehens wird sich in Deutschland derart vollziehen, daß man zunächst in den größeren Städten Fernsehsender aufstellen wird, um so in kurzer Zeit einem größeren Teil der Bevölkerung Fernsehempfang zu ermöglichen. Später wäre dann ganz Deutschland mit einem Netz solcher Sender zu überziehen, so daß das Fernsehen auch auf dem Lande zugänglich wird. Aus wirtschaftlichen Gründen wird aber nicht jeder dieser Sender sein eigenes Programm haben. Vielmehr wird man die in einigen wenigen Studios aufgenommenen Darbietungen über Dezimeter-Richtverbindungen den einzelnen Sendern

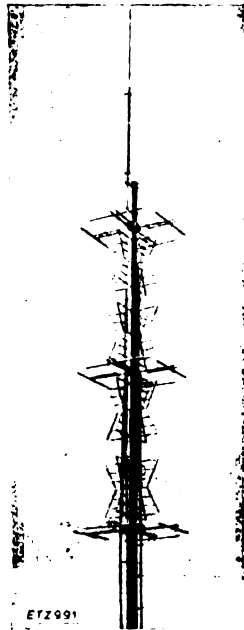


Bild 1. Telefunken-Mehrweck-Antenne, die seit kurzem auf dem Berliner Funkturm in Betrieb ist.

zuleiten. Die ersten derartigen Verbindungen werden zwischen Hamburg — Berlin und Hamburg — Köln — Frankfurt/M. eingerichtet. Der erste Fernsehsender für öffentliche Sendungen hat seit Anfang September den regelmäßigen Betrieb in Hamburg aufgenommen. Er ist ein 1 kW-Fernsehsender der Firma Telefunken. Ein Sender dieses Typs ist auch auf der Ausstellung zu sehen. Er kann später in seiner Leistung auf 10 kW erweitert werden.

Für die Bildaufnahme hatte der Nordwestdeutsche Rundfunk (NWDR) zwei Aufnahmewagen eingesetzt, die teils Darbietungen einer Fernseh Bühne, teils auch Reportagen aus den Hallen und dem Freigelände übertrugen. Sie sind auch für die Wiedergabe von Filmen eingerichtet. Die Kamera der Fernseh G. m. b. H. (Bild 2) ist leicht beweglich und gestattet mit ihrem Revolverkopf den schnellen Wechsel des Objektivs und damit des Bildausschnittes. Regisseure, Kameramänner und Schauspieler haben ausgezeichnetes geleistet und man erkennt, daß sie sich mit der neuen Technik bereits wieder vertraut gemacht haben. Erstmals war man hier in Berlin auch in der Lage, zwischen zwei Fernsehprogrammen wählen zu können. Außer dem NWDR sendete die Bundespost von Tempelhof aus. Diese Sendung konnte auch auf dem Ausstellungsgelände empfangen und über den am

Fuße des Funkturmes stehenden von der Firma Siemens & Halske gebauten Sender, erneut abgestrahlt werden<sup>1</sup>.

Die Empfänger (etwa 40 von 16 verschiedenen Firmen) waren sehr geschickt in der 100 m langen „Fernseh-Straße“ aufgestellt, die etwas abgedunkelt war. Die Bilder hatten durchweg die Größe 21x28 cm. Nur die Firma Grundig zeigte auch ein Bild auf einer Braunschweig Röhre von 60 cm Durchmesser. Der Ton der Leuchtschirme ist weiß oder chamois. Bei dem Telefunken-Gerät wird durch ein vorgeschaltetes Grauglas der Kontrast des Bildes auch bei stärkerer Allgemeinbeleuchtung erhalten. Die Geräte sind etwa je zur Hälfte Tisch- und Truhempfänger. Bild 3 zeigt einen Tisch-Fernsehempfänger der Lorenz A. G. Die Bildschärfe ist bei den jetzt genormten 625 Zeilen durchweg so gut, daß Unterschiede zwischen den einzelnen Fabrikaten nur bei genauem Vergleich mit Hilfe von Testbildern feststellbar wären. Die Empfängerempfindlichkeit und die Sicherheit des Synchronismus läßt sich naturgemäß

<sup>1</sup> Man bezeichnet eine derartige Relaisendung auch als „Ball“-Sendung, weil bei ihr das Programm von Sender zu Sender weitergegeben wird wie der Ball von Hand zu Hand.



Bild 2. Bildaufnahmegerät.

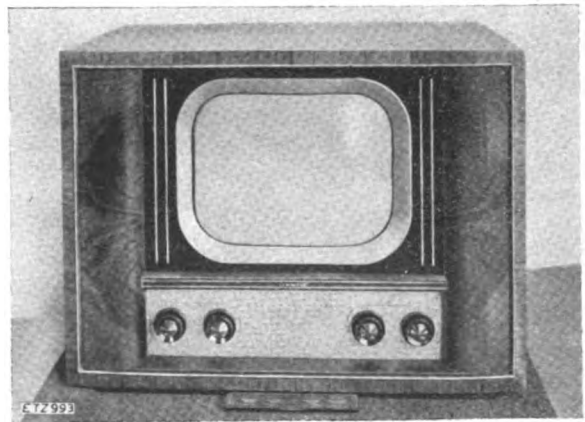


Bild 3. Tisch-Fernsehempfänger der C. Lorenz A. G.



erst beurteilen, wenn bei geringen Feldstärken empfangen wird. Von der Herstellung kombinierter Rundfunk- und Fernsehgeräte ist Abstand genommen worden, da meistens Geräte, und zwar auch für UKW-Rundfunk, bereits vorhanden sein dürften, wenn sich der Hörer zur Anschaffung eines Fernsehgerätes entschließt. Selbstverständlich empfängt man mit ihm den zur Fernsehsendung gehörenden Ton. Man ist aber auf den für das Fernsehen vorgesehenen Wellenbereich beschränkt. Bezüglich des Wellenbereiches unterscheiden sich auch die Empfänger der einzelnen Firmen. Einige sind nur auf einen bestimmten Ortssender fest einstellbar. Andere lassen sich durch Drucktasten auf die vier deutschen Fernsehkanäle einstellen. Einzelne haben außerdem noch zwei weitere Einstellmöglichkeiten, damit in Grenzgebieten, in denen ausländische Sender mit genügender Stärke einfallen, auch diese noch empfangen werden können. Die Industrie hat also für alle Wünsche vorgesorgt. Dies ist umso mehr anzuerkennen, als trotz des vor dem Kriege erreichten hohen Entwicklungsstandes in Deutschland doch noch erhebliche Arbeit aufzuwenden war, um den Vorsprung, den das Ausland inzwischen erreicht hatte, einzuholen. Allein die Röhrenentwicklung für Empfang und Sendung, für Bildaufnahme und Bildwiedergabe, ist eines der umfangreichsten Kapitel der Geschichte der Technik.

Die Firma Philips zeigte (außerhalb der Ausstellung) ihre Projektionsempfänger, bei denen das Bild nicht unmittelbar auf dem Schirm der Braunschen Röhre beobachtet wird, sondern über Hohlspiegel und Schmidt-Optik auf eine Mattscheibe oder Leinwand projiziert wird. Die Braunsche Röhre kann beim Projektionsempfang zwar klein bleiben, doch muß die Helligkeit des Schirmes sehr hoch getrieben werden. Man verwendet Beschleunigungsspannungen bis zu 50 kV, wobei man bereits Schutzmaßnahmen gegen die bei diesen hohen Spannungen entstehenden Röntgenstrahlen vorsehen muß. Das große, für öffentliche Vorführräume gedachte Gerät, das ein Bild von 3×4 m liefert, ist naturgemäß nur im gut verdunkelten Raum wirkungsvoll (Bild 4).

#### Tonaufzeichnung

Neben dem Fernsehen scheint die Tonaufnahme von Rundfunkdarbietungen für das Heim und von Vorträgen als Ersatz des besonderen bei wissenschaftlichen Vorträgen nicht immer ausreichenden Stenogramms immer mehr an Verbreitung zu gewinnen. Neben dem Optaphon, dem Gerät von Loewe-Opta, gibt es nun ein sehr handliches Klein-Magnetophon der AEG (Bild 5), das den verwöhnten Ansprüchen bezüglich der Tonqualität genügt und infolge seines kofferröhrigen Aufbaues leicht transportabel ist. Bekanntlich ist die Verringerung des Rauschens und die Wiedergabe höchster Tonfrequenzen, die man vor



Bild 4. Großprojektions-Fernsehempfänger von Philips.



Bild 5. Klein-Magnetophon der AEG.

zwanzig Jahren, als man noch mit dem Gleichstromverfahren arbeitete, nie für möglich gehalten hätte, dem Hochfrequenzverfahren zu verdanken, das v. Braunmühl und Wehnert 1941 entdeckten. Aber auch die Entwicklung der Aufzeichnungsbänder hat sehr viel zur Verbesserung beigetragen. Es war schon ein großer Fortschritt, als man 1936 anstelle der früher benutzten Drähte und Eisenbänder einen magnetischen Träger verwendete, der nur an der Oberfläche mit einem feinen, aus dem gasförmigen Eisenkarbonyl gewonnenen Eisenniederschlag bedeckt war. Als Träger verwendete man Azetylzellulose. Heute verwendet die AEG Polyvinylchlorid, in das Eisenoxyd eingebettet wird, so daß das Band nur aus einer homogenen Schicht besteht. Je kleiner die Eisenoxydteilchen und je gleichmäßiger sie verteilt sind, um so kleiner ist das Störgeräusch.

Für manche Aufgaben wäre ein Magnetophon recht nützlich, das man unauffällig in der Rocktasche tragen kann. Diesem Wunsche kommt die Möncke & Co. GmbH, Hannover, entgegen. Das „Minifon“ hat tatsächlich Taschenformat. Ob seine Leistungsfähigkeit den Bedürfnissen entspricht, konnte noch nicht beurteilt werden.

#### Navigation

Dieses Gebiet wird mit der Belebung der deutschen Schifffahrt und mit der hoffentlich recht nahe bevorstehenden Wiederaufnahme eines deutschen Luftverkehrs seine alte Bedeutung wiedererlangen. Die C. Lorenz A. G. hat an einem Modell die für Deutschland geplante Ausrüstung mit UKW-Drehfunkfeuern. Sie entsprechen der amerikanischen Ausführung des VOR (Very high frequency omnirange), das in USA in großer Stückzahl eingesetzt ist, sind aber nunmehr von der C. Lorenz A. G. konstruiert und aus deutschen Einzelteilen aufgebaut, wie man an gleichfalls ausgestellten zugehörigen Sender erkennen kann. Auf dem Telefunken-Stand sieht man neben einem 40- und einem 200-W-Schiffsender und dem Wellenempfänger, die Funkpeilanlage „Telegon“, die sich dadurch von den früheren Anlagen unterscheidet, daß sie nicht mehr mit Drehrahmen, sondern mit Kreuzarmen arbeitet. Dies erlaubt eine sehr einfache Kompensation Mißweisungen, die durch die Metallteile bei jedem Start entstehen. Auch kann der ordnungsmäßige Zustand der Rahmen und Zuleitungen jederzeit vom Funker nachgesehen werden, ohne daß dieser seinen Platz zu verlassen braucht. Dies war früher nicht möglich.

#### Hochspannungsgeräte, Elektromaschinenbau, Installationstechnik

Siemens-Schuckert zeigt im Modell eine raumsparende Ausführung eines Freiluft-Drehstromschalters mit dem V-Trenner. Bei ihm sind die

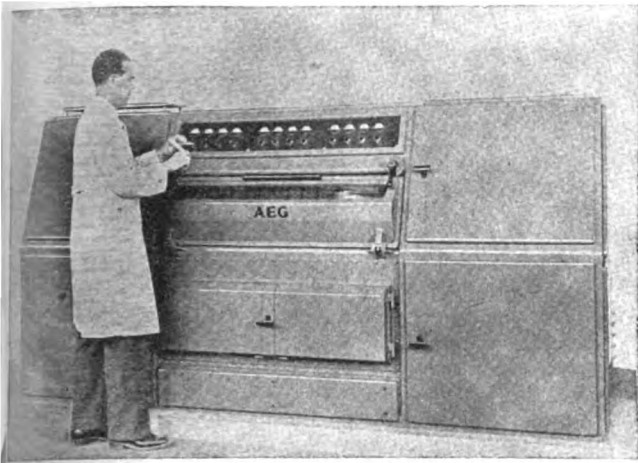


Bild 6. AEG-Kontaktgleichrichter (Leistung: 10 000 A bei 600 V).

parallel angeordneten Stützer V-förmig zusammengebaut, so daß jeder Schalterpol auf einer einzelnen Säule Platz findet. Ferner wird von dem gleichen Hersteller ein Muster einer dreistufigen Verstärkermaschine gezeigt, d. h. eines Generators, bei dem die Spannung besonders schnell und mit kleinem Leistungsaufwand regelbar ist. Dies wird dadurch erreicht, daß außer der Haupterregmaschine noch eine Hilferregmaschine vorhanden ist. Ihr Feld wird von der zu regelnden Betriebsgröße unmittelbar beeinflußt. In der Verstärkermaschine sind Haupt- und Hilferregmaschine mit dem eigentlichen Generator zu einer einzigen Maschine vereinigt. Die geringfügigen Änderungen des Steuerfeldes wirken sich vielfach verstärkt im Belastungsstromkreis aus. Mit der Verstärkermaschine lassen sich z. B. schwere Kehrwalzmotoren durch einige 100 W Steuerleistung in 2 s reversieren.

Die AEG stellt einen Drehstrommotor mit eingebauter Innenbackenbremse aus, durch die der Motor beim Ausschalten mit einstellbarem Bremsmoment stillgesetzt wird. Ein anderer Drehstrommotor in geschlossener Bauweise ist für Betriebe bestimmt, in denen die Kühlluft große Staubmengen oder chemisch aktive Bestandteile enthält. Um das Innere des Motors vor Verschmutzung und Zerstörung zu bewahren, ist die Innenluft des Motors nach außen völlig abgeschlossen. Sie umspült ein Rohrsystem, das am Umfange des Motors angebracht ist, und durch das in Lüfter die Außenluft hindurchpreßt.

Eine Weiterentwicklung des Kontaktgleichrichters nach Koppelman liefert 10 000 A, wobei die Spannung zwischen 400 und 600 V veränderlich ist (Bild 6). Der Wirkungsgrad beträgt 98%.

Für die selbsttätige Blindlastregelung wurde ein Regler entwickelt, der Phasenschieberkondensatoren je nach der Größe des Leistungsfaktors zu- oder abschaltet.

Auf dem Installationsgebiet zeigen die Siemens-Schuckertwerke eine Doppel-Hausanschlußmuffe für Ortsnetze. Da die Häuser in Ortschaften im allgemeinen so dicht stehen, daß man unbenklich zwei Anschlüsse an einer Stelle vereinigen kann, wird durch diese Lösung die Anzahl der benötigten Muffen auf die Hälfte herabgesetzt (Bild 7). Die Muffen können unter Spannung montiert und demontiert werden.

#### Fernmelde- und Meßtechnik; Werkzeugmaschinen

Siemens & Halske zeigt den neuen Fernsprecher, bei dem die Wählscheibe durch eine Wähltrommel ersetzt ist<sup>2</sup>.

Die AEG hat ihre Festmengen-Registriergeräte weiterentwickelt. Bei diesen Geräten wurde früher

der zu messende Wert auf einem Papierstreifen durch Lochung festgehalten, wobei der Papierstreifen gleichmäßig transportiert wurde. Die Schwankungen des Meßwertes wurden also durch die unterschiedliche Entfernung der Lochung markiert. Nunmehr gibt es als zusätzliche Möglichkeit Zähler mit Schrittschaltwerk, bei denen die Papiergeschwindigkeit dem Meßwert proportional ist. Das hat den Vorteil, daß die Länge des Papierstreifens unmittelbar als Maß für eine Meßwertsumme, also z. B. für die an einem Tag verbrauchten Kilowattstunden genommen werden kann. Durch Nebeneinanderkleben dieser Papierstreifen erhält man bereits aufschlußreiche Diagramme. Ein Auswertautomat gestattet, die verschiedensten statistischen Auswertungen in kürzester Zeit durchzuführen.

In Halle IX (Werkzeugmaschinen) dürfte für den Elektrotechniker vor allem der Stand von Josef Klasrepohl, Berlin-Borsigwalde, von Bedeutung sein, auf dem eine mehrgängige stehende Zweifach-Feindraht-Umspinnmaschine und eine Sternvierer-Versailemaschine zu sehen sind. Diese zeichnet sich dadurch aus, daß Beschickung und Aufwickelung auf einer Seite liegen, wodurch der ganze Produktionsgang leicht zu überwachen ist. Auch wird durch pneumatische Bremsung der Ablauftrommeln die gleichmäßige Spannung aller vier Adern selbsttätig sichergestellt.

#### Plastischer Film

Im Britischen Pavillon, in dem erst kürzlich farbiges Fernsehen gezeigt wurde, laufen plastische Filme des Britischen Film-Instituts, die bisher nur anlässlich des Festival of Britain zu sehen waren. Rechts- und Linksbild werden mit verschieden polarisiertem Licht projiziert und durch eine Polarisationsbrille betrachtet. Wenn auch dieses Verfahren für uns nicht neu ist und schon vor dem Kriege von Zeiß-Ikon — vielleicht sogar technisch weiterentwickelt worden war, so bietet die glückliche Verbindung mit Farbfilm und geschickten Fahraufnahmen auch für den Fachmann eine Überraschung. Ein blühender Rhododendronstrauch ist nun nicht mehr ein Nebeneinander von Farbflecken, wie er es selbst bei dem besten Farbfilm blieb, er entfaltet endlich seine ganze Schönheit und seinen schimmernden Glanz. Ein kahler Buchenwald, sonst ein verwirrendes Durcheinander grauer Linien, wird zu einem zarten Filigranwerk von unerhörter Tiefe. Für den Elektrotechniker war aber vor allem ein abstrakter Trickfilm mit Sternen und tanzenden Linien aufschlußreich; denn diese waren unzweifelhaft Lissajous'sche Figuren, Aufnahmen vom Schirm einer Braunschen Röhre. Um zu einer plastischen Darstellung zu gelangen, braucht man hier Rechts- und Linksbild nicht getrennt aufzunehmen, sondern gewinnt sie durch eine zeitliche Verschiebung eines einzigen Filmstreifens. Diese zeitliche Verschiebung ersetzt die räumliche Parallaxe. Die Tiefe des Raumbildes wird ein Maß für die Geschwindigkeit. Wir haben somit ein anschauliches vierdimensionales Koordinatensystem mit den drei Raumkoordinaten und der Zeit. Vielleicht lassen sich verwickelte Vorgänge in Wissenschaft und Technik mit Hilfe des plastischen Filmes leicht faßlich darstellen.

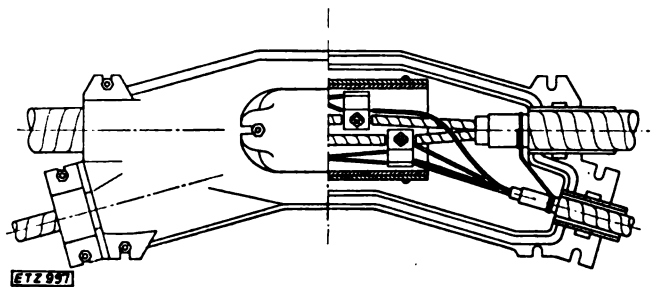


Bild 7. Doppel-Hausanschlußmuffe für Ortsnetze (Siemens-Schuckertwerke).

<sup>2</sup> Vgl. ETZ 72 (1951) H. 13, S. 405, Bild 8.

## Entwurf neuer „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“ (VDE 0111).

Von R. Elaner, Nürnberg

DK 621.311.1 : 621.315.4 : 621.307.1

Die im Jahre 1932 vom VDE herausgegebenen und später geringfügig geänderten „Leitsätze für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 Volt und darüber“, VDE 0111/XI.41, konnten durch die in den letzten beiden Jahrzehnten, besonders auf dem Gebiet der Überspannungsforschung, erzielten großen Fortschritte schon lange als überholt gelten, da in ihnen die für die Isolationsbemessung außerordentlich wichtige Frage der Abstufung des Isoliervermögens der äußeren und inneren Isolierung der elektrischen Betriebsmittel gegenüber Stoßspannungen völlig unberücksichtigt geblieben war.

In Erkenntnis dieser Sachlage wurden daher schon vor dem letzten Krieg von der zuständigen VDE-Kommission die Vorarbeiten für eine Überholung der geltenden Leitsätze in Angriff genommen und während des Krieges weitergeführt. Diese Arbeiten wurden dann aber nach dem Ende des Krieges für mehrere Jahre unterbrochen, bis sie im Sommer 1949 nach der inzwischen erfolgten Neugründung des VDE und der Bildung einer neuen Kommission VDE 0111 wieder aufgenommen werden konnten.

Inzwischen war die Entwicklung auf dem Gebiet der Überspannungsforschung in den anderen europäischen und außereuropäischen Ländern rüstig weitergeschritten [1], [2], [3], [4], [5] und hatte ihren Niederschlag in entsprechenden neu herausgegebenen oder in Bearbeitung befindlichen Vorschriften über die Isolationsbemessung elektrischer Hochspannungsanlagen gefunden [6], [7], [8], [9], [10].

Daneben waren auch die Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zur Angleichung der in den verschiedenen Ländern geltenden Bestimmungen für die Bemessung und Abstufung der Isolation von Hochspannungsanlagen wieder in Gang gekommen [11], [12], [13].

Für die neu gebildete VDE-Kommission 0111 galt es daher in den neu herauszugebenden Leitsätzen nicht nur, den durch die letzten Kriegs- und Nachkriegsjahre verlorengegangenen Anschluß an den internationalen Stand der Hochspannungstechnik wiederherzustellen, sondern auch die deutschen Bestimmungen soweit wie möglich an die IEC-Empfehlungen anzugleichen. Dabei ergab sich allerdings einmal die Schwierigkeit, daß Deutschland noch nicht wieder in der IEC und ihren zuständigen Arbeitsausschüssen mitarbeitet und damit auch keinerlei Einfluß auf die Gestaltung der neuen IEC-Bestimmungen ausüben kann, sondern lediglich auf persönliche Informationen durch einige ausländische Mitglieder dieser Ausschüsse angewiesen ist. Eine weitere Schwierigkeit entstand dadurch, daß die Arbeiten der zuständigen IEC-Ausschüsse zur Zeit noch völlig im Fluß sind und die dem VDE bekannten letzten Vorschläge der IEC-Ausschüsse 28 „Isolationsbemessung“ und 14 „Transformatoren“ noch nicht über das Stadium der Entwürfe hinausgelangt sind.

Die VDE-Kommission 0111 konnte daher bei der Neufassung der Leitsätze für die Isolationsbemessung nur versuchen, ausgehend von eigenen Erfahrungen und Erkenntnissen, eine möglichst weitgehende Angleichung der grundsätzlichen Bestimmungen an die in den Entwürfen der IEC enthaltenen Gedankengänge zu erreichen, während in Einzelheiten, so insbesondere auch in der Festlegung der Prüfspannungen für Wechselspannung und Stoßspannung, vorläufig Abweichungen zwischen den IEC-Entwürfen und den VDE-Leitsätzen in Kauf genommen werden mußten.

Erleichtert wurde diese Arbeit der VDE-Kommission durch die auch während des Krieges weitergeführten deutschen Untersuchungen, die bald nach dem Kriege wieder aufgenommen wurden, und deren Ergebnisse in einer Reihe von Veröffentlichungen [15] bis [28] sowie teilweise in Berichten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen nieder-

gelegt sind. Um insbesondere für die auf dem Gebiet der Höchstspannungsübertragung seit längerer Zeit im Gang befindlichen Entwicklungsarbeiten hinsichtlich der Isolationsbemessung einen festen Rahmen zu schaffen, wurden endlich die Prüfspannungswerte für Stoß- und Wechselspannung für Anlagen mit 380 kV Betriebsspannung bei fester Erdung des Netzsternpunktes in Gemeinschaftsarbeit mit der Deutschen Verbundgesellschaft (DVG) erarbeitet. Ziel der VDE-Kommission war dabei, die neuen Leitsätze VDE 0111 in jeder Hinsicht auf den neuesten Stand der Entwicklung der Hochspannungstechnik zu bringen.

Der vorliegende Entwurf von VDE 0111 gliedert sich formal in 5 Abschnitte: I. Gültigkeit, II. Begriffserklärungen, III. Richtlinien für die Bemessung der Isolation sowie für den Gewitterschutz, IV. und V. Nachweis des Isoliervermögens gegen Spannungsbeanspruchungen von Betriebsfrequenz und gegen Gewitterüberspannungen.

Gegenüber den bisherigen VDE-Leitsätzen sieht der vorliegende Entwurf eine Erweiterung des Geltungsbereichs auf Transformatoren, Kabel und auch auf die Innenisolation von Kondensatoren vor, was im Interesse einer einheitlichen Isolationsbemessung aller elektrischen Betriebsmittel dringend erwünscht erscheint. Dagegen ist es vorläufig nicht gelungen, die Bestimmungen der Leitsätze auch auf elektrische Generatoren und Motoren zu erstrecken, da deren Isolation aus wirtschaftlichen Gründen nicht nach der Reihenspannung der Anlage, sondern nach der Nennspannung der betreffenden Maschine bemessen wird. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß auch die neuesten Entwürfe der IEC-Empfehlungen für Maschinen getrennte Bestimmungen vorsehen.

Um Unklarheiten zu beseitigen, wurde in den neuen Entwurf noch die Festlegung aufgenommen, daß Anlagen mit Gleichspannungen nicht unter den Geltungsbereich von VDE 0111 fallen.

In dem Absatz „Zweck der Leitsätze“ (§ 3) sind noch einmal die gegenüber früher erweiterten Gesichtspunkte für die Bemessung der Isolation nach den neuen Leitsätzen begründet worden, hervorgehoben.

Der Abschnitt II „Begriffserklärungen“ ist durch Aufnahme einer Reihe neuer Begriffsfestsetzungen wesentlich erweitert worden. Dabei erwies sich eine Unterteilung in weitere Unterabschnitte, welche die „Anlage und das Netz“, die „Isolation“, den „Netzsternpunkt“, die „Erdungsformen“, die „Spannungen“, die „Einwirkungen auf die Isolation“, die „Abmessungen“ und die „Einteilung der Prüfungen“ betreffen, im Interesse der Übersichtlichkeit als notwendig. Von den neu aufgenommenen Begriffserklärungen sind vor allem die Begriffe „Isolationspegel“ (§ 5) als Kenngröße der Nennspannung zugeordnete, das Isoliervermögen kennzeichnende Spannungsgrenzen und „Stehspannung“ (§ 8) als „die Spannung von gegebenem zeitlichen Verlauf, der die Isolierung gerade noch standhält“ von entscheidender Bedeutung für die Bemessung und Abstufung der Isolation wurden in Übereinstimmung mit den heute international gültigen Begriffen geschaffen.

Als „Betriebsspannung“ (§ 8) wird, abweichend von der bisherigen Begriffserklärung, nicht mehr das zeitliche örtliche Mittel der Spannung an den Klemmen des Stromverbrauchers, sondern „die jeweils örtlich zwischen den Leitern herrschende Spannung an einem Betriebsmittel oder an einem Lageteil“ definiert. Dadurch werden die in der Vergangenheit vielfach aufgetretenen Unklarheiten über die Bedeutung der in einem Netzteil herrschenden Betriebsspannung für die Zukunft beseitigt.

Der Begriff der „Überspannungen“ (§ 9) ist, entgegen dem heute noch vielfach geübten Gebrauch, enger gefaßt, insofern er nicht mehr die „Spannungserhöhungen“ mit Betriebsfrequenz einschließt, sondern sich auf die „meist kurzzeitig auftretenden“ Spannungserhöhungen von höherer als Betriebsfrequenz oder von Stoßspannungscharakter beschränkt.

Die Begriffe „Prüfgrad“, „Überschlagsgrad“ und „Sicherheitsgrad“ wurden nicht mehr in die neuen Leitsätze aufgenommen, da sie mit der Einführung der Stoßspannungen neben der Wechselfrequenz eine Vieldeutigkeit erlangt hätten, die nicht im Interesse einfacher und klarer Begriffsbestimmungen gelegen hätte. Auch haben sich diese Begriffe in der Praxis nicht so eingeführt, daß ihre Beibehaltung notwendig gewesen wäre.

Neu ist gegenüber der bisherigen Gliederung von VDE 0111 der Abschnitt III „Richtlinien für die Bemessung der Isolation sowie für den Gewitterschutz“ hinzugefügt, weil die im neuen Entwurf erstmalig enthaltenen Bestimmungen über die Isolationsbemessung gegenüber Gewitterüberspannungen eine grundsätzliche Erörterung der für diese maßgebenden Gesichtspunkte notwendig erscheinen ließen.

Nachdem es zumindest bei dem Großteil der heute in Betrieb oder in Bau befindlichen Hochspannungsnetze mit wirtschaftlichen Mitteln nicht möglich ist, die Isolation der Anlage so zu bemessen, daß sie den bei Gewitter durch unmittelbare Einschläge in die Leiterseile oder selbst die Erde oder Masten auftretenden Stoßspannungen in jedem Falle gewachsen ist, muß das Bestreben dahin gehen, die atmosphärischen Überspannungen innerhalb der Anlage durch Einbau entsprechender Schutzmittel oder künstlich geschaffener schwacher Stellen auf einen für die Isolation der Betriebsmittel in den Stationen möglichst ungefährlichen Wert abzusinken. Maßgebend für die Bemessung der Isolation der einzelnen Anlageteile sind dann nicht mehr die atmosphärischen Überspannungen, sondern einerseits die betriebsmäßig durch gewollte oder ungewollte Schaltvorgänge entstehenden inneren Überspannungen, andererseits die unter dem Einfluß von Verschmutzung und Feuchtigkeit auftretende Isolationsminderung (§ 12). Der letzteren muß durch entsprechende Gestaltung der Isolatoroberfläche Rechnung getragen werden. Die Überarbeitung der einschlägigen Bestimmungen zur Nachprüfung der hierzu erforderlichen Maßnahmen obliegt der erst kürzlich wieder gebildeten Kommission VDE 0448 „Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“.

Zur Erfüllung der Forderung ausreichenden Isoliervermögens gegenüber den betriebsmäßig auftretenden Spannungs- (auch Überspannungs-)beanspruchungen werden bestimmte Werte von Prüfwechselfspannungen (bzw. „Stehwechselfspannungen“) vorgeschrieben, denen die Isolation von Innenraumanlagen trocken, diejenige von Freiluftanlagen in beregnetem Zustand gewachsen sein muß. Hinsichtlich der Höhe der dabei geforderten Prüfspannungswerte ist nach bestimmten Gruppen wie „offene Trennstrecken“ (Gruppe A), „Isolatoren für Fahrleitungen“ (Gruppe B), „Freileitungsisolatoren, Hochspannungsgeräte“ (Gruppe C), „Transformatoren, Wandler“ (Gruppe D), „Kondensatoren, Kabel“ (Gruppe E) usw. unterschieden, um die vorgeschriebenen Prüfspannungswerte in möglichster Übereinstimmung mit den bisher gültigen, auf Grund langjähriger Erfahrungen als ausreichend erwiesenen Werten belassen zu können. Die so festgelegten Prüfspannungen für „Betriebsmittel mit nicht starr geerdetem Sternpunkt“ (vgl. § 15, Tafel 1) liegen z. B. für die Gruppe C im Bereich der Reihenspannungen über 30 kV etwa 10 bis 15% höher als die im neuesten IEC-Entwurf geforderten Werte, während bei den Reihenspannungen unter 30 kV die Unterschiede noch wesentlich größer sind.

Für Anlagen mit starr geerdetem Netzsternpunkt wurden die Prüfwechselfspannungen der Betriebsmittel für Reihenspannungen von 110 kV und darüber entsprechend den Gepflogenheiten in den meisten übrigen europäischen Ländern sowie in den USA herabgesetzt, und zwar betragen die

für solche Anlagen gemäß Tafel 2, § 15 geltenden Prüfspannungen 80% der Prüfspannungswerte von Anlagen mit nicht starr geerdetem Sternpunkt (verringerte Isolation).

Diese Maßnahme ist dadurch gerechtfertigt, daß in Netzen mit starrer Sternpunktterdung einerseits die Spannung an den gesunden Leiterseilen bei Erdschluß eines Leiterseils im Gegensatz zu Netzen mit isoliertem oder induktiv geerdetem Sternpunkt niemals über 80% der verketteten Spannung ansteigen kann und andererseits auf Grund zahlreicher Untersuchungen in den verschiedensten Netzen heute einwandfrei feststeht, daß die inneren Schaltüberspannungen in Netzen mit starrer Sternpunktterdung nicht entfernt die Höhe der Überspannungen in Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlußlöschung erreichen [27].

Da für Höchstspannungsübertragungen aus wirtschaftlichen Überlegungen nur Anlagen mit starr geerdetem Sternpunkt in Frage kommen, wurden für die neu projektierten Reihenspannungen von 300 und 380 kV nur die Prüfspannungen bei starrer Sternpunktterdung in Tafel 2, § 15 aufgenommen. Zur Unterscheidung gegenüber den Reihenspannungen für Betriebsmittel mit nicht starr geerdetem Sternpunkt nach Tafel 1 (normale Isolation) wurden im übrigen die Reihen mit verringerter Isolation mit dem Kennbuchstaben E versehen.

Während durch die Prüfwechselfspannungen der Isolationspegel einer Hochspannungsanlage so festgelegt ist, daß durch betriebsmäßige Vorgänge keine Über- oder Durchschläge zu erwarten sind, kommt es für die Bemessung der Isolation gegenüber Gewitterüberspannungen darauf an, den Isolationspegel der verschiedenen Anlageteile für Stoßspannung so gegeneinander abzustufen, daß im Bereich der praktisch vorkommenden Blitzwellenteilheiten Durchschläge der Isolierung im Innern von Transformatoren, Hochspannungsgeräten, Kabeln usw. auf jeden Fall vermieden werden, Überschläge aber, sofern sie wegen Fehlens von Überspannungsableitern zur Absenkung der Stoßspannung unvermeidlich sind, an solche Stellen verlegt werden, wo der entstehende Lichtbogen, ohne Schaden anzurichten, rasch erlischt.

Die zuverlässigste Abstufung der Isolation gegenüber Stoßspannungen ist naturgemäß durch Verwendung von Überspannungsableitern möglich. Die Nennspannung der Ableiter ist dabei so zu wählen, daß sie auf innere Überspannungen durch Schaltvorgänge im allgemeinen noch nicht ansprechen, bei Gewitterüberspannungen aber — unter Berücksichtigung der betriebsmäßig vorkommenden Spannungserhöhungen — den nachfolgenden Erdschlußstrom noch sicher löschen. Durch Wahl der Nennspannung der Ableiter liegt dann gleichzeitig der „untere Isolationspegel“ der Anlage in dem „Schutzpegel“ des Ableiters nach Spalte 4 von Tafel 3, § 19 fest. Als „mittlerer Isolationspegel“ wurde nun das Isoliervermögen der äußeren Isolation der Betriebsmittel gegen Erde in Luft, die sogenannte „Stehstoßspannung“ für die 1|50  $\mu$ s-Welle, gemäß Spalte 5 von Tafel 3 so gewählt, daß dieser in keinem Falle mehr zum Überschlag führende Wert für beide Stoßpolaritäten auch bei den höchsten Reihenspannungen noch ausreichend über dem Wert des Schutzpegels liegt. Damit ist eine unbedingte Gewähr für die Vermeidung jeglicher Überschläge innerhalb der Anlage gegeben.

Eine Ausnahme von diesen Festlegungen wurde vorläufig für Innenraumanlagen der Reihe 20 bis 110 zugelassen, deren kleinere Schlagweiten sich in Innenräumen jahrzehntelang gut bewährt haben, zur Erreichung der in Spalte 5 von Tafel 3 geforderten Stehstoßspannungswerte des mittleren Isolationspegels aber bei positiver Stoßpolarität nicht genügen. Die Ansprechspannung von Ventilableitern kann nun stets auf Werte eingestellt werden, die erheblich unter den der Begrenzungsspannung entsprechenden Werten des Schutzpegels in Spalte 4 von Tafel 3 liegen. Daher dürfte trotz der Festlegung, daß bei Innenraumanlagen der Reihe 20 bis 110 der mittlere Isolationspegel gleich dem Schutzpegel sein darf, im Hinblick auf die Überschlagsverzögerung

der Stationsisolatoren in den meisten Fällen noch ein ausreichender Schutz gegen Überschlüge in der Station vorhanden sein.

Das Isoliervermögen des Inneren der Geräte und Transformatoren wurde als „oberer Isolationspegel“ noch 25% über den mittleren Isolationspegel gelegt (vgl. Spalte 7 von Tafel 3), um mit Rücksicht auf den flachen Verlauf der Stoßdurchschlagskennlinien von festen Isolierungen unter Öl auch bei überschießenden steilen Blitzwellen Innendurchschläge nach Möglichkeit zu vermeiden.

Für Anlagen mit starr geerdetem Sternpunkt wurden bei der Festsetzung der Isolationspegel für Stoßspannung nach Tafel 4, § 19 grundsätzlich dieselben Überlegungen zugrunde gelegt wie bei normal isolierten Anlagen, lediglich die Höhe der Stoßspannungswerte wurde gegenüber den letzteren Anlagen auf etwa 85% gesenkt. Eine Ausnahme hinsichtlich der Höhe der Stoßspannungspiegel bildet die Reihe 380 E insofern, als bei linearer Extrapolation der Werte der Reihe 220 E für Reihe 380 E sich um etwa 10 bis 15% niedrigere Werte, als in Tafel 4 vorgesehen, ergeben würden. Mit Rücksicht auf die bei solchen Höchstspannungsanlagen wegen der großen Übertragungslängen bestehende erhöhte Gefahr von betriebsmäßigen Spannungserhöhungen bei Lastabwurf [28] wurde aber seinerzeit in einem vom VDE und der DVG gebildeten gemeinsamen Arbeitsausschuß für 380 kV-Anlagen die Nennspannung der Ventilableiter höher als sonst üblich gewählt, wodurch sich auch der Pegel der übrigen Stehstoßspannungen entsprechend erhöhen mußte.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß im Gegensatz zu den Prüfspannungswerten für Wechselspannung die in den Tafeln 3 und 4 vorgesehenen mittleren Isolationspegel für Stoßspannung bei den Reihenspannungen ab 110 kV um etwa 10% unter den entsprechenden Werten des neuesten IEC-Entwurfes [11] liegen, und daß für die in Schweden im Bau befindliche 380 kV-Anlage von Harspranget nach Hallsberg [14] der Stoßspannungspegel der äußeren Anlagenisolation mit 1775 kV sogar noch über dem in Tafel 4 für den mittleren Isolationspegel der Reihe 380 E vorgeschriebenen Wert von 1600 kV liegt.

Werden in einer Hochspannungsanlage aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen keine Überspannungsableiter eingebaut, so muß unbedingt durch Anordnung von Schutzfunkenstrecken dafür gesorgt werden, daß die vorgesehene Abstufung der Isolationspegel der verschiedenen Anlage Teile gesichert bleibt. Für die Stehstoßspannungen dieser Schutzfunkenstrecken wurden in den Spalten 3 und 4 der Tafel 5 für normale und in den Spalten 3 und 4 der Tafel 6 für verringerte Isolation Werte festgelegt, die mit den heute üblichen Einstellungen der Schutzfunkenstrecken bequem einzuhalten sind. Naturgemäß liegen diese Werte im Bereich der Mittelspannungen bis etwa 60 kV z. T. wesentlich über dem Schutzpegel entsprechender Ventilableiter. Mit derartigen Schutzfunkenstrecken läßt sich daher schon aus diesem Grunde kein vollwertiger Schutz gegen Gewitterüberspannungen erreichen.

So wichtig die Abstufung der Isolationspegel bei Stoßspannung für den einwandfreien Gewitterschutz einer Hochspannungsanlage auch ist, so bildet sie doch nicht die einzige wirksame Maßnahme zur Bekämpfung atmosphärischer Überspannungen. Die Kommission VDE 0111 hat es daher für richtig gehalten, darüber hinaus in § 14 der neuen Leitsätze allgemein gültige Richtlinien für den „Schutz von Anlagen gegen Gewitterüberspannungen“ aufzustellen, die dringend der Beachtung empfohlen werden. Sie befassen sich sowohl mit der Zahl und Anordnung von Erdseilen, dem zulässigen Ausbreitungswiderstand von Masterden, der zweckmäßigsten Ausbildung von Freileitungen auf Holzma-

sten als auch mit dem Einbauort und Anschluß von Überspannungsableitern.

Zweck all dieser Empfehlungen ist es, nicht nur unmittelbare Einschläge in die Leiterseile in der Nähe von Stationen gänzlich zu vermeiden, sondern auch rückwärtige Überschlüge nach Möglichkeit zu verhüten oder wenigstens für die Stationsgeräte und Transformatoren unschädlich zu machen.

Der vorliegende Entwurf der neuen „Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“ ist das Ergebnis einer mehr als zweijährigen Arbeit der VDE-Kommission 0111. Das Ziel dieser Arbeit, die neuen Leitsätze einerseits auf den neuesten Entwicklungsstand der Hochspannungstechnik zu bringen, andererseits aber auch im Grundsätzlichen eine möglichst weitgehende Angleichung an die internationalen Vorschriftenentwürfe durchzuführen, dürfte zumindest in den wesentlichen Gesichtspunkten erreicht sein.

## Schrifttum

### Ausländisches Schrifttum

- [1] P. L. Bellaschi: Cigre-Ber. 1939, Nr. 317; 1946, Nr. 115, S. 407.
- [2] J. H. Foote: La Pratique de la Coordination des Isolements. Etats-Unis. Cigre-Ber. 1950, Nr. 413.
- [3] J. E. Clem, J. R. Meador, W. J. Rudge, A. H. Powell: Proposed Basic Impulse Insulation Levels for High-Voltage Systems. Electr. Engng. (1951) S. 61.
- [4] A I E E - S u b c o m m i t t e e: Power System Overvoltages produced by Faults and Switching Operation. Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 67 (1948) S. 912.
- [5] Forest: Gewitterstörungen in englischen Hochspannungsnetzen. Schäden an Transformatoren; J. Instn. electr. Engrs. 816, S. 36.
- [6] Bericht der Vereinigten Kommission für Isolations-Koordination. Nema-Veröffentlichung (1941) Nr. 109; EEI-Veröffentlichung (1941) Nr. „Basic Insulation Level“, Electr. Engng. 60 (1941) S. 121.
- [7] „Standards for Insulation of Electrical Installations and Equipment for System Voltages of more than 600 Volts“. Swedish Electrotechnical Standards SEN 30/1944 E.
- [8] Fachkommission 28 des CES: „Regeln und Leitsätze für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 38 (1947) S. 869.
- [9] W. Wanger: Einführung zu den Regeln und Leitsätzen für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 38 (1947) S. 847.
- [10] Franz: Regeln für Isolationsabstufung. Jun. 1950.
- [11] I E C - K o m m i t t e e Nr. 28 „Isolationsabstufung“, Schriftstud. Febr. und März 1950 sowie 3. Jan. 1951.
- [12] I E C - K o m m i t t e e 14 „Transformatoren“: Isolationsprüfungen. Niederschrift Nr. 5, April 1950; Mindestabstände der Durchführungen. Niederschrift Nr. 6, April 1950.
- [13] T. Herlitz, G. Jancke: Report of the International Study Committee of Insulation Coordination. Cigre-Ber. 1950, Nr. 404.
- [14] W. Borquist u. A. Vrethem: Das schwedische 380 kV-System. Cigre-Ber. 1948, Nr. 412.

### Deutsches Schrifttum

- [15] J. Rebhan: „Die Sicherheit elektrischer Anlagen gegenüber Überspannungen“ ETZ 58 (1937) S. 1177.
- [16] W. Estorff: Die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen. ETZ 60 (1939) S. 825 u. 860.
- [17] H. Grünewald: Untersuchungen über Gewitterstörungen und Gewitterschutz in Freileitungsanlagen Cigre-Ber. 1939, Nr. 317.
- [18] Matthias und Burkhardtmaier: Der Schutz aus Blitzfang-Vorrichtungen und seine Ermittlung durch Modellversuche. ETZ 60 (1939) S. 681 u. 720.
- [19] H. v. Cron: Die Isolationsbemessung von Hochspannungsanlagen in den V. S. Amerika. ETZ 62 (1941) S. 797. — Hier auch weitere Angaben über amerikanisches Schrifttum bis 1941.
- [20] W. Estorff: Neue Wege in der Auswahl der Isolation auf Grund der Beanspruchung im Betriebe. ETZ 62 (1941) S. 367.
- [21] A. Schwaiger: Über die Erdschlußbekämpfung. Elektr. wirtsch. 41 (1942) S. 435.
- [22] R. Elsner: Die Gewittersicherheit moderner Hochspannungstransformatoren. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 61 (1943) S. 493.
- [23] W. Estorff: Sicherheitsgrad und Betriebssicherheit elektrischer Hochspannungsanlagen. ETZ 65 (1944) S. 390.
- [24] A. Dönhardt: Gewitterschutz in Mittelspannungsnetzen. Elektrizitätswirtsch. 48 (1949) S. 173.
- [25] H. Baatz: Blitzeinschlag-Messungen in Freileitungen. ETZ 71 (1950) S. 191.
- [26] Fr. Parschalk: Überspannungsableiter im Rahmen der Isolation. Koordination von Hochspannungsanlagen, VDE-Fachbericht 13, S. 47.
- [27] W. v. Mangoldt: Gedanken zur Sternpunktbehandlung bei 280 kV-Drehstrom-Übertragung. ETZ 71 (1950) S. 462.
- [28] H. Dorisch: Ausgleichsspannungen auf einer 700 km langen 110 kV Drehstromübertragung bei Lastabwurf. ETZ 70 (1950) S. 663.



# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.22 : 546.49

**Krafterzeugung in Quecksilberdampf-Kraftwerken.** [Nach H. N. Hackett: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 14, 12 S., 12 B.]

Anhand einer ausführlichen, z. T. inzwischen bereits überholten tabellarischen Übersicht zeigt der Verfasser den Stand der Quecksilberdampf-Kraftwerke, bei denen bekanntlich ein Quecksilberdampf-Kreisprozeß dem üblichen Wasserdampfturbinen-Prozeß vorgeschaltet ist. Interessant sind dabei u. a. folgende Angaben:

1) 15 MW-Anlage der „Hartford Electric Light Company“. Die 1928 ... 47 in Betrieb gewesene erste größere 10 MW-Anlage wurde durch eine 15 MW-Anlage mit einer Wasserdampfleistung von rd. 91 t/h bei entweder 17,5 atü/370 °C oder 27 atü/370 °C ersetzt, die seit Januar 1949 als Grundlastmaschine in der South-Meadow-Station in Betrieb ist. Aufgetretene Störungen waren gering; bei einer Mittellast von 13,9 MW hat die Anlage z. B. vom Februar bis Mai 1949 2510 Stunden hindurch gearbeitet und damit eine Bereitschaftsdauer (Zeitfaktor) von 87% erreicht.

2) 20 MW-Anlage der „Kearny Generating Station of the Public Service Electric and Gas Company“. Die vorhandene Anlage wurde 1939 modernisiert und 1940 in Betrieb genommen. Bei einem durchschnittlichen Belastungsfaktor von 86,7% war die mittlere Bereitschaftsdauer bis 1950 72,7%. Auf der feuerseitigen Oberfläche der Kesselrohre trat ein allmählicher Materialschwund ein, dem durch Aufschweißen einer Auflage mit 25% Cr- und 20% Ni-Gehalt erfolgreich begegnet wurde.

3) 20 MW-Anlage der „General Electric Company“ im Werk Schenectady. Die erste 20 MW-Anlage wurde 1948 nach 15jährigem Betrieb wegen Überalterung abgebaut. Sie hatte mit der Quecksilberturbine mehr als 576 Mio. kWh erzeugt und dabei eine Wasserdampfmenge von rd. 5 Mio. t bei 28 atü/400 °C für Krafterzeugung und Fabrikationszwecke abgegeben. Die Anlage machte sich trotz des verhältnismäßig niedrigen Belastungsfaktors von 44% und der Bereitschaftsdauer von 52% wegen der wichtigen, vorwiegend im Versuchsbetrieb gewonnenen Erkenntnisse durchaus bezahlt.

4) 40 MW-Schiller-Station der „Public Service Company of New Hampshire“ in Portsmouth (New Hampshire)<sup>1</sup>. Diese bedeutende Anlage stellt die erste größere Anwendung einer von vornherein lediglich für Stromerzeugungszwecke errichteten Quecksilberdampf-Anlage dar. Die Planung und Ausführung oblag in allen Einzelheiten der General Electric Co. Zwei Quecksilber-Kessel und -Turboaggregate von je 7,5 MW (max. je 8,53 MW) liefern Wasserdampf zum Betrieb einer nachgeschalteten Dampfturbine von 25 MW (max. 26,4 MW), so daß die Quecksilberanlage zusammen mit der Wasserdampfanlage 40 MW (max. 43,46 MW) erzeugt. Die wichtigsten Kenngrößen sind die folgenden:

Quecksilberdampf hinter Hq-Kessel (Sattdampf)		10 atü/514 °C	
Quecksilberdampf vor Hq-Turbine		9 atü/507 °C	
Quecksilberdampf hinter Hq-Turbine		0,177 atü/275 °C	
Wasserdampf hinter Überhitzer und vor Dampf-Turb.		43 atü/440 °C	
Betrieb mit			
		Kohlenstaub	Öl
Hilfsbetriebe	MW	1,94	1,515
Nettoerzeugung im ganzen	MW	41,52	41 945
Wärmezufuhr im Brennstoff	Mio. kcal/h	98,5	97,3
Nettowärmeverbrauch der Gesamtanlage	kcal/kWh	2374	2320
Therm. Wirkungsgrad netto	%	36,2	37,07

5) 7,5 MW-Anlage der „General Electric Co“ im Werk Pittsfield (Mass.). Die Anlage soll maximal 8,4 MW erzeugen und 56,5 t/h Wasserdampf von 15 atü/440 °C für den Betrieb von Anzapf-Kondensations-Turbinen abgeben.

An vorstehende Angaben schließen sich interessante Darlegungen über den Einfluß einer chemischen Vorbehandlung der in den Quecksilberdampf-Kesseln arbeitenden Quecksilbermengen. Wird in diesen nach den Forschungsergebnissen von A. J. Nerad ein verdünntes Amalgam

von Mg und Ti gelöst, so ergeben sich folgende Vorteile: 1. Die Menge des umlaufenden Quecksilbers kann stark eingeschränkt werden. 2. Die Wärmeübergangsverhältnisse im Innern der Kesselrohre werden beträchtlich verbessert. 3. Der Angriff des Quecksilbers auf die inneren Rohroberflächen wird beseitigt. Bedingung für einen sicheren Betrieb ist die Fernhaltung auch kleinster O<sub>2</sub>-Mengen im Quecksilber-Kreislauf.

Es folgen eingehende Betrachtungen über die Kesselbauarten, Meßeinrichtungen insbesondere zur Kontrolle des Quecksilberumlafs im Kessel, Standardbauarten für Quecksilberkessel und -turbinen, Brennstoffersparnis-Möglichkeiten und Zukunftsaussichten des Verfahrens, die hinsichtlich Anlage- und Betriebskosten günstig beurteilt werden können. Zahlreiche Schnittzeichnungen und Fotos der ausgeführten Anlagen, Diagramme und Literaturhinweise ergänzen die sehr interessante Abhandlung. Vo

DK 621.316.54.064

**Der Einfluß der wiederkehrenden Spannung auf den Kurzschlußabschaltvorgang von Leistungsschaltern.** [Nach J. Blase: Bull. Ass. Ing. Electr. Montefiore 63 (1950) S. 221; 17 S., 15 B.]

Nachdem es gelungen ist, das Bestehen des Reststromes nach der Lichtbogenlöschung bei Kurzschlußabschaltungen durch Kathodenstrahloszillogramme nachzuweisen, ist die unterschiedliche Eignung von Schaltern der üblichen Löschrinzipien zur Beherrschung der Kurzschlußabschaltung verständlicher geworden.

Der während des Abschaltvorganges auftretende Lichtbogen ist für den Stromkreis ein veränderlicher Widerstand, der die Stromamplitude dämpft, die Kurvenform des Stromes verändert und den Phasenwinkel verbessert. Eine ausgeprägte Löschspitze deutet auf schroffe Entionisierung der Schaltstrecke. Relativ langsame Entionisierung ist mit beträchtlicher Leitfähigkeit der Bogensäule verbunden, durch die der Reststrom fließt (Bild 1). Das Verhältnis  $k = i_r/i_c$  kennzeichnet die Dämpfung der wiederkehrenden Einschwingspannung. Wenn  $k \geq 1$  ist, kommt die Schalterspannung aperiodisch wieder. Bei beliebiger Eigenfrequenz des Netzes kann die Abschaltung leicht sein, wenn bei großer Netzkapazität auch eine große Restleitfähigkeit vorhanden ist. Die Angabe der Eigenfrequenz ist also allein nicht ausreichend zur Beurteilung des Verhaltens eines Schalters an einer Netzstelle.

Nach einer kurzen Bemerkung über die Behandlung der Frage der Eigenfrequenzen im Netz und im Prüffeld werden die bekannten Löschrinzipien besprochen.

Um einen Festigkeitsanstieg zu erhalten, der steiler als der Spannungsanstieg ist, wird im Druckluftschalter die Schaltstrecke scharf beblasen. Dann aber treten ausgeprägte Löschspitzen, geringe Restleitfähigkeit und hohe Einschwingspannungen auf. Ein der Schaltstrecke parallel geschalteter Widerstand ersetzt die Restleitfähigkeit und dämpft dadurch die Einschwingspannung.

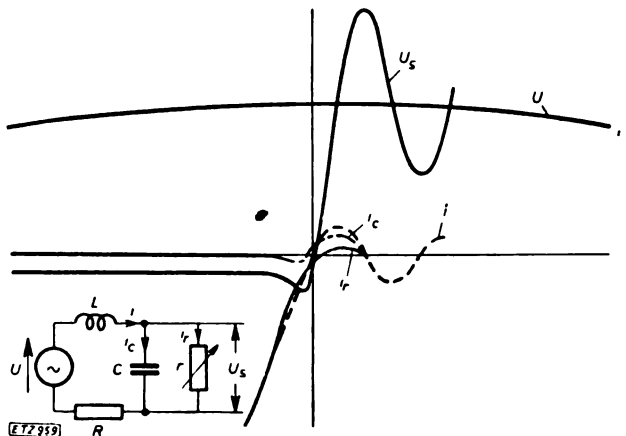


Bild 1. Einfluß der Restleitfähigkeit der Schaltstrecke.

<sup>1</sup> Vgl. ETZ 72 (1951) Heft 4, S. 118.

Ölschalter ohne und mit Löschkammern und ölarne Schalter zeigen ebenso wie die Schalter mit magnetischer Bebläsung eine gute Restleitfähigkeit, so daß die Eigenfrequenz des Netzes auch bei z. T. hoher Lichtbogenspannung den Kurzschlußabschaltvorgang nicht wesentlich beeinflusst.

Expansionsschalter haben, wenn sie eine leitende Flüssigkeit als Löschmittel verwenden, trotz sehr schneller Entionisierung immer eine gute Restleitfähigkeit. Diese Schalter sind unempfindlich auf die Eigenfrequenz des Netzes.

Der Verfasser stellt zum Schluß die europäischen und amerikanischen Druckluftschalter gegenüber. Die Eignung der in Europa üblichen Druckluftschalter zur Kurzschlußabschaltung wird von der Eigenfrequenz des Netzes stark beeinflusst. Die Abschaltleistung ist umgekehrt, die Lichtbogenlänge bei konstantem Strom direkt proportional der Eigenfrequenz. Parallelwiderstände ersetzen daher die Restleitfähigkeit. Je kleiner sie sind, desto besser ist die Dämpfung, desto höher aber die Belastung, desto schwieriger die Reststromlöschung und desto teurer die Ausführung. Nach Ansicht des Verfassers haben die amerikanischen Konstrukteure die europäischen Schalter nicht genügend studiert. Die amerikanische Ausführung der Druckluftschalter hat Querbebläsung des Lichtbogens, der dadurch in Löschkammern gedrückt wird. Es ist hierdurch möglich, ohne störenden Rückstau bei vermindertem Druck und verringertem Luftbedarf auch große Ströme zu beherrschen. Diese Schalter zeigen bei Strömen über 5000 A eine beträchtliche Restleitfähigkeit.

Im ganzen besticht die klare Darstellung der Einflüsse von Netz und Schalter auf den Kurzschluß-Abschaltvorgang. Der (in Deutschland leider noch nicht) durch Messung und Aufnahme geführte Nachweis des Reststromes erlaubt es, einen neuen Blickpunkt in der Betrachtung des Verhaltens von Leistungsschaltern bei Kurzschlußabschaltungen einzunehmen.

Fr

## Kabel und Leitungen

DK 621.315.229 : 564.621

**Al-ummantelte Kabel, ein Anwendungsgebiet des Kaltdruckverschweißens.** [Nach Alluminio 19 (1950) S. 562.]

Die Pirelli General Cable Works Ltd. haben nach einer Erfindung der General Electric Co. eine Maschine gebaut, auf der Starkstrom- und Nachrichtenkabel kontinuierlich nach einem neuen Kaltdruck-Schweißverfahren mit Aluminium ummantelt werden. Diese Methode der Kabelumhüllung kann in folgende 4 Arbeitsgänge eingeteilt werden: 1. Flanschbildung am Al-Band; 2. Bearbeitung der Flanschoberfläche; 3. Einführung des Kabels und Formung des Rohres; 4. Druckverschweißung der Flanche und Abschneiden des überflüssigen Aluminiums.

Ein Al-Band der erforderlichen Breite wird von einer Vorratsspule abgewickelt und durch ein Rollenpaar gezogen, welches das Band zu einer Rinne mit zwei waagerechten Flanschen formt. Es läuft dann zu zwei Stahlbürsten, welche die Flanschoberfläche für die Kaltschweißung aufrauen. Dann werden Kabel und unfertige Al-Hülle zusammengeführt und laufen über zwei rohrformende Rollen zu den Schweißwalzen, welche die abstehenden Flanche kalt miteinander verschweißen und das überflüssige Material abschneiden. Anschließend werden die verschweißten Flanche durch ein Rollenpaar eng an das Kabel gedrückt.

Auf dieser Maschine können sowohl Starkstrom- als auch Nachrichtenkabel von 1½ Zoll Dmr. aufwärts hergestellt werden. Eine weitere Maschine, die auch die Herstellung von Kabeln mit geringeren Durchmessern gestattet, wird z. Z. konstruiert.

Derartige Kabelumhüllungen halten geeignete Biegeproben aus und sollen mechanisch stärker als die bleiumhüllten Konkurrenz-kabel sein.

Ks

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.315.1.015.532

**Koronaverlustmessungen in der Wüste.** [Nach W. S. Peterson, B. Cozzens und J. Carroll: Electr. Engng. 69 (1950) S. 907; 9 B.]

Als die 287 kV-Fernleitung vom Hooverdamm nach Los Angeles, USA, gebaut wurde, legte man Hohlseile (HH-Heddernheim) von 35,6 mm Dmr. auf, da Koronaverlustmessungen im Hochspannungsversuchsfeld der Stanford Universität

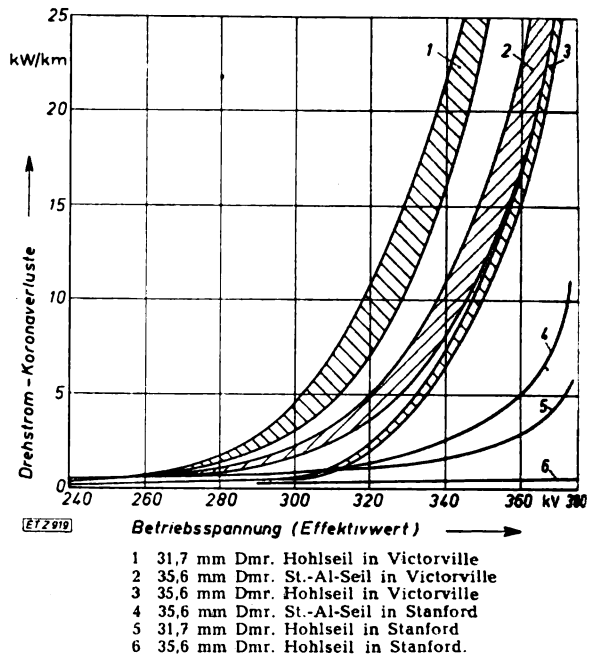


Bild 2. Ergebnisse der Koronaverlustmessungen im Versuchs- und in der Wüste

diesen Leiter als geeignet erscheinen ließen. Spätere Messungen an Hohlseilen von 31,7 mm Dmr. ergaben allerdings daß auch diese noch zulässige Verluste aufweisen würden. Stahlluminiumseile der gleichen Durchmesser hatten durchweg höhere Verluste.

Beobachtungen am Leitungszug in der am Nordost-Abhang der Sierra Madres in etwa 950 m Höhe gelegenen Wüste zeigten Koronaeinsatz bei wesentlich geringeren Spannungen, als im Versuchs-feld vorher gemessen worden war. Die Erscheinungen waren in größeren Höhen (1000 bis 1350 m) und allgemein in Wüstengegenden sonst nicht aufgetreten. Man entschloß sich daher, an der Stelle der Beobachtungen selbst eine Versuchsstation zu errichten. Es sollte hier ermittelt werden, ob, ähnlich den nachträglichen Versuchen im Versuchs-feld, das 31,7 mm Dmr. Hohlseil bei 287 kV Verluste zeigt, die eine Verwendung wie vermutet gestattet würden (dies bringt eine große Ersparnis an Kupfer und Stahl). Ferner sollte die Beziehung der Durchmesser von Seil und Hohlleiter bei gleichen Koronaverlusten und endlich die genauen Koronaverluste der verschiedenen Hohlleiter und Seile unter Wüstenbedingungen bestimmt werden. Man hoffte zudem, den Grund für die beobachteten erhöhten Verluste in der Wüste finden zu können.

Ostlich der Schaltstation Victorville wurden für Koronaverlustmessungen 2 Felder von 265 m und 233 m Länge mit einem der 287 kV-Leitung ähnlichen Mastbild errichtet. Die Spannung konnte durch kapazitive Selbstregung bis auf 365 kV gesteigert werden. Die Verluste wurden nach denselben Methoden und mit denselben Geräten wie im Versuchs-feld gemessen. Die Genauigkeit der Leistungsmessung betrug 32 W/Leiter, die der Spannungsmessung 1%, d. i. 3 kV.

An 4 Tagen in einem Zeitraum von 12 Wochen wurden Messungen an 31,7 mm Dmr. Hohlleitern und 35,6 mm Dmr. Stahlluminiumseil gemacht. Die Untersuchungen ergaben, daß die nach den ersten 4 Wochen als Folge der Witterungs- und Alterung eintretende Minderung der Koronaverluste aufgehoben wurde durch den Fettaustritt aus den Leitern. Nach dem durch Staub und Flugsand auf der Oberfläche angesamelt wurden. Nachdem die Seile mit Benzin, Seifenwasser und klarem Wasser gereinigt worden waren, zeigte sich nach 8 Wochen keine Abnahme der Verluste mehr. Die Verlustkurven sind in der Wüste gegenüber den Messungen im Versuchs-feld um 50 ... 70 kV nach niedrigerer Spannung verschoben.

Die zweite Versuchsgruppe an dem auch auf der Hooverdamm-Leitung verlegten 35,6 mm Dmr. Hohlseil umfaßte einen Zeitraum von 16 Monaten. Der Leiter war vor der Verlegung gewaschen worden, um ähnliche Erscheinungen wie bei den vorherigen Versuchen zu vermeiden. Die Versuche ergaben, daß die Verluste an diesem Seil in 16 Monaten von 2,5 kW/km auf 0,6 kW/km bei 287 kV sanken, die Alterung verschob die Verlustkurve um etwa 30 kV nach rechts

In Bild 2 sind die Ergebnisse der Messungen zusammenfassend gezeichnet, wobei die im Versuchsfeld aufgenommenen Verlustkurven mit eingetragen wurden.

Die Verluste in der Wüste sind aus leider nicht aufgeklärten Gründen höher als in normalen Gegenden, die Verlustkurven sind um 50 ... 70 kV nach links verschoben. Bei der Betriebsspannung von 287 kV sind die Verluste am 35,6 mm Dmr. Hohlseil in der Wüste nach langer Alterung nicht so stark erhöht, wie nach der anfänglichen Beobachtungen vermutet worden war. Die Verlusterhöhung am 31,7 mm Dmr. Hohlseil ist jedoch größer. Die Koronaverluste des Stahlaluminiumseiles sind auch in der Wüste höher als die des Hohlleiters, der Unterschied ist aber nicht mehr so groß.

Fr

DK 621.317.431

**Ein Instrument zur Messung der magnetischen Hysteresis.** [Nach J. W. Apperson und E. F. Hansen: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 35; 6 S., 10 B.]

Zwecks Kostenersparnis bei der Verarbeitung von Elektrolechen sind außer der Eingangskontrolle der gelieferten Bleche und der Endkontrolle der fertigen Maschinen zusätzliche magnetische Kontrollmessungen erforderlich, um die Wirkung der Glühbehandlungen (zur Beseitigung der schädlichen mechanischen Spannungen bei der Verarbeitung) zu überwachen. Die heute übliche Verarbeitung ungeglühter Bleche mit darauf folgender Glühung ergibt gegenüber dem bisher üblichen Verfahren der Verarbeitung geglühter Bleche ohne anschließende Glühung niedrigere Verlustwerte, die fast ganz auf eine Verringerung der Hysteresisverluste (H. V.) zurückzuführen sind. Die Messung der H. V. gibt daher ein Hilfsmittel zur Beurteilung der Wirksamkeit eines Glühprozesses. Es wird ein einfaches, schnell arbeitendes Prüfgerät zur Messung der Drehfeld-H. V. beschrieben, geeignet zur Messung einzelner Blechstreifen oder Ringe von 76,2 mm Dmr. und 0,635 mm Dicke<sup>1</sup>. Durch langsame Rotation eines kleinen Elektromagneten wird ein Drehfeld erzeugt, das auf die Ringprobe ein durch Spiralfedern kompensiertes Drehmoment ausübt; der Verdrehungswinkel der Probe ist ein Maß für die H. V. Bei homogenen Proben sind die H. V. unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit. An pallistisch gemessenen Ringproben wurden die Verdrehungswinkel bestimmt und mittels „geeigneter“ (leider nicht näher angegebener) Umrechnungsfaktoren die H. V. ermittelt. Diese erreichen beim Knie der Magnetisierungskurve, d. h. bei etwa 17 000 Gauß ein scharfes Maximum, um bei noch höheren Induktionen schnell auf Null abzufallen, im Gegensatz zur gewöhnlichen Wechselfeld-Hysteresis, deren Verluste bei zunehmender Induktion nach dem Steinmetz'schen Gesetz weiter ansteigen. Das Verhältnis der Drehfeld-H. V. zu den Wechselfeld-H. V. nimmt mit steigender relativer Sättigung von etwa 2 ab bis auf 0. Bei etwa 81% relativer Sättigung werden die Verlustwerte gleich. Beide Arten von Verlusten treten in den Stator- und Rotorzähnen auf. Ihr unterschiedliches Verhalten läßt sich aus dem Verhältnis ihrer irreversiblen zu den reversiblen Magnetisierungsprozessen bei steigender Magnetisierung erklären.

Nm

## Lichttechnik

DK 6261.326.72

**Elektronisches Gerät zur Regelung der Lichtstärke von Fluoreszenzbeleuchtungs-Anlagen.** [Nach W. Gruber: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 955; 3 S.]

Die Anwendung des elektronischen Prinzips stellt einen ganz erheblichen Fortschritt gegenüber der bisher üblichen einfachen primärseitigen Spannungsregelung dar, die nur bei Ar-Hg-gefüllten Hochspannungs-Leuchtrohren einigermaßen zufriedenstellend funktionierte. Ein mit 2 gittergesteuerten Gg-Gleichrichterrohren bestücktes Lichtstärke-Regelgerät weist eine Schaltung auf, die den Stromfluß jeweils für die positive und für die negative Halbwelle durch je ein Thyatron leitet. Zwei Kurven des Spannungsverlaufs mit kurzer Beschreibung erläutern die Wirkungsweise des Geräts. Ein Schaltbild einer Kinosaal-Beleuchtung mit 21 Hochspannungs-Leuchtrohren zeigt das Zusammenwirken des „Thyralux“-Gerätes mit 4 Streufeldtransformatoren, Umschalter, Potentiometer und Blindstromkondensator. Größere Anlagen dieser Art sind in zwei Fällen ausgeführt worden und gestatten

<sup>1</sup> Das Meßprinzip ist das gleiche wie das des Hysteresismessers von Londel und Carpentier: ETZ 20 (1899) S. 178. Der Referent.

eine flackerfreie stufenlose Auf- und Abwärtsregelung zwischen der Höchstbeleuchtungsstärke und der völligen Verdunkelung. Für Niederspannungs-Leuchtstofflampen wird die gleich sichere Funktion, allerdings mit besonderen starterlosen Vorschaltgeräten, behauptet. Allerdings liegen dafür praktische Betriebserfahrungen bisher nicht vor. Vi

DK 621.326.794

**Neue Rheinbrückenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen.** [Nach R. G. Weigel: Lichttechn. 2 (1950) S. 289; 2 1/2 S., 5 B.]

An der Rheinbrücke Duisburg—Rheinhausen wurden — erstmalig in dieser Art in Deutschland — Leuchtstofflampen für die Beleuchtung einer großen Flußbrücke eingesetzt. Die Leuchtstofflampen ermöglichen dank ihrer guten Lichtausbeute die Aufbringung eines hohen Lichtstroms und damit hoher Beleuchtungsstärke bei relativ geringem Energieaufwand. Dabei ist die Lichtverteilung der Lampen derart, daß man, wenn man sie in einer Leuchte, etwa zu mehreren übereinander, quer zur Straßenrichtung anordnet, einen asymmetrischen Einweg- oder „Längsstrahler“ erhält, dessen Lichtverteilungscharakter ohne weiteres auch die Erreichung einer guten Gleichmäßigkeit der Bodenbeleuchtung verbürgt. Die Leuchtdichte der Leuchtstofflampen ist so gering, daß eine Blendung unmittelbar durch die Leuchten, insbesondere bei Seitenaufhängung, nicht zu befürchten ist. Aber auch wenn sich die Leuchten in der blankbefahrenen oder regennassen Straßendecke spiegeln, kann die Reflexleuchtdichte keinesfalls störend wirken. Im Gegenteil: Wenn sich die großflächigen Leuchten in der Straßenoberfläche widerspiegeln, erzeugen sie ein breites, fortlaufendes Band, auf dessen gleichmäßiger Helligkeit sich die Gegenstände (Fahrzeuge, Fußgänger, Hindernisse) noch besonders deutlich abheben.

Der Kostenvergleich mit einer Glühlampen-Anlage (Dioptr-Breitstrahler) ergibt die wirtschaftliche Überlegenheit der Leuchtstofflampen-Anlage. Das neuartige Beleuchtungsbeispiel stellt eine technisch und wirtschaftlich vorteilhafte Lösung dar, die Beachtung und Weiterverfolgung verdient.

RGW

DK 614.48 : 544.63

**Ultraviolettbestrahlung für Entkeimungszwecke.** [Nach H. M. Archer: Illum. Engng., N. Y., 45 (1950) S. 491.]

Im Spektralbereich der Strahlung hat die keimtötende Wirkung einen Höchstwert bei etwa 265 nm. Nach der kurzwelligen Seite hin liegt bei 220 nm ein Minimum, nach der langwelligen Seite nimmt die keimtötende Wirkung über den sichtbaren Bereich bis zum Rot nahezu auf Null ab. Für die Wirkung bei einer bestimmten Wellenlänge ist maßgebend das Produkt aus Bestrahlungsstärke und Bestrahlungsdauer.

Als Strahlungsquelle für Entkeimungszwecke bietet sich die Quecksilber-Niederdruckentladung dar, die bei 253,7 nm — also in der Nähe des Höchstwertes der Entkeimungswirkung — ihre energiereichste Linie ausstrahlt.

In den USA sind mit industriellen und sanitären Anlagen zahlreiche Versuche gemacht worden. Gute praktische Erfahrungen bei der Anwendung von Entkeimungsanlagen liegen vor mit dem sterilen Verarbeiten und Verpacken von Lebens- und Genußmitteln, mit der Prüfung von Erzeugnissen, mit der Verhinderung des Pilzwachstums bei der Verarbeitung von Gegenständen, die von solchen Organismen angegriffen werden. Aus den Versuchen, die man in Schulen und als Großversuch in allen Läden, Theatern und Schulen einer kleinen Stadt durchgeführt hat (eine Stadt ähnlicher Größe ohne derartige Anlagen wurde zum Vergleich herangezogen), können folgende Schlüsse gezogen werden: 1. Die Strahlung bei 253,7 nm hat starke Entkeimungswirkung. 2. In Räumen, die Mikroorganismen enthalten, kann der Grad der Luftverunreinigung durch Anwendung von UV-Strahlern merklich verringert werden. 3. Es besteht kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der eingestrahelten Energie und der Häufigkeit des Auftretens von Krankheiten der Atmungsorgane, die man sich in dem Raum zuzieht; auf alle Fälle muß eine gewisse Mindest-Bestrahlungsmenge überschritten werden. 4. Übermäßige UV-Bestrahlung lebenden Gewebes kann schädigende Wirkung haben (Erytheme, Bindehautentzündung). 5. Richtlinien für die besten Installationsarten lassen sich z. Z. noch nicht allgemein angeben. Man ist aber zu der Überzeugung gekommen, daß die praktische Durchführung der Untersuchungen und die Planung der Anlagen in den Händen erfahrener und mit geeigneten Instrumenten

ausgerüsteter Personen liegen muß. Die bisherigen Erfahrungen lassen es als zweckmäßig erscheinen, daß mindestens 20% des Raumes der direkten Bestrahlung ausgesetzt wird. Jede Anlage muß jedoch so bemessen sein, daß bei den Personen, die der Bestrahlung ausgesetzt sind, keinerlei physiologische Schäden eintreten können. Dies erscheint gesichert, wenn die Bestrahlungsmenge  $2,4 \mu\text{Wh}/\text{cm}^2$  innerhalb 24 h nicht überschreitet. Dann treten auch bei Kindern weder Erytheme, noch Bindehautentzündung auf. Erwachsene vertragen ohne Schädigung das Doppelte. Der Ozongehalt soll unterhalb des „genau Wahrnehmbaren“ bleiben. Die verwendeten Leuchten müssen auf den beabsichtigten Zweck, vor allem auf hohe Ausbeute der UV-Strahlung, zugeschnitten werden. Normale Beleuchtungsgeräte sind unbrauchbar. Wichtig ist die Vermeidung von Nebenstrahlen außerhalb der gewünschten Richtungen.

Die amerikanische Ärzteschaft nimmt mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der statistischen Auswertung der Versuche gegenüber einer Propaganda zu einer weiten Verbreitung der UV-Bestrahlung für gesundheitliche Zwecke noch eine vorsichtige Haltung ein. Die Sammlung klinischer Unterlagen, insbesondere über den Nutzen der Entkeimungsbestrahlung in Schulräumen, wird in den USA eifrig weiter betrieben. Die bisherigen Erfahrungen mit 10 voneinander getrennten Schulanlagen waren günstig. Bn

**Verkehrstechnik**

DK 621.337.1

**Die Hochspannungssteuerung bei Wechselstrom-Triebfahrzeugen.** [Nach M. v. Ondarza: Elektr. Bahnen 21 (1950) S. 211; 5 S., 15 B.]

Die Eigenart des elektrischen Zugbetriebs bringt es mit sich, daß die den Fahrmotoren eines elektrischen Wechselstrom-Triebfahrzeuges zugeführte Spannung nach Maßgabe der erforderlichen Geschwindigkeit und Zugkraft in weiten Grenzen regelbar sein muß und daß die dazu erforderlichen Regelgeräte eine sehr große Schalthäufigkeit haben. Während man bisher die Regelanzapfungen an die Unterspannungsseite des Transformators legte und dabei teilweise beträchtliche Ströme zu schalten hatte, geht man in neuerer Zeit dazu über, hochspannungsseitig zu regeln. Es ergeben sich dabei wesentliche Vorteile. Wird an der Reibungsgrenze angefahren und bis zur Höchstgeschwindigkeit beschleunigt, so sind vom Schaltwerk bei einer modernen Schnellzuglokomotive 12 kA, bei einer modernen Güterzuglokomotive 18 kV fortlaufend zu schalten. Dazu sind umfangreiche und schwere Schaltwerke, ein Feinregler, ein Zusatztransformator und ein Spannungsteiler mit Lüfter erforderlich, die bei der großen Schalthäufigkeit und bei gewissen Betriebszuständen Kontaktabbrand und mechanischem Verschleiß unterliegen. Bei der von BBC vorgeschlagenen Hochspannungssteuerung (Bild 3) werden die Fahrmotoren an den Haupttransformatoren H (mit festem Übersetzungsverhältnis) angeschlossen, der in Sparschaltung am Regeltransformator R hochgeschaltet wird. Die Schaltströme sind jetzt im umgekehrten Übersetzungsverhältnis des Haupttransformators kleiner. Das Schaltwerk wird deshalb baulich einfacher und wesentlich kleiner. Das bisher bekannte Nockenschaltwerk, der Feinregler, der Zusatztransformator und Spannungsteiler schrumpfen auf einen kleinen Stufenschalter, 2 Leistungsschalter und 1 Überschaltwiderstand zusammen. Der Stufenschalter kann am Transformator direkt angebaut werden, arbeitet unter Öl und hat praktisch keinen Verschleiß. Der Raumbedarf geht von 100 auf 55% zurück. Der wesentlich geringere Schaltwerksaufwand ergibt geringere Unterhaltungskosten.

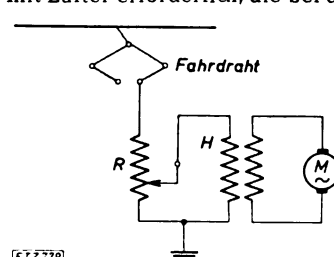


Bild 3. Hochspannungssteuerung.

Der Blindleistungsbedarf hochspannungsgesteuerter Transformatoren ist im Bereich über 60% der eingeschalteten Stufenzahl kleiner als bei der Niederspannungssteuerung. Da sich der Zugbetrieb in der Hauptsache bei 70 % der eingeschalteten Stufenzahl abspielt, ist die Hochspannungssteuerung in Hinsicht auf Blindstrombedarf der Niederspannungssteuerung überlegen. Die Kupferverluste sind dann höher als bei der Niederspannungssteuerung, wenn die Kupfer-

verluste im Regeltransformator diejenigen in den Versorgungsschienen, dem Nockenschaltwerk, dem Feinregler usw. übersteigen.

Die Anzahl der Stufen bei Niederspannungssteuerung ist infolge der großen Querschnitte und der beengten räumlichen Verhältnisse begrenzt. Es ergibt sich damit zwangsläufig ein größerer Zugkraftsprung als bei höherer Stufenzahl. Die Stufenzahl bei der Hochspannungssteuerung ist wesentlich vergrößert worden. Infolge der auf den einzelnen Stufen ungleichen Transformator-Impedanzen ergeben sich bei der gleichen Spannungsabstufung voraussetzenden Feinreglersteuerung ungleiche Zugkraftsprünge, die u. U. zu Schleudern führen können. Die Hochspannungssteuerung erlaubt Freizügigkeit in der Wahl der Spannungsabstufung, vermeidet zu große Zugkraftsprünge und erhöht somit doppelter Hinsicht die mittlere Anfahrzugkraft.

Die durch die Hochspannungssteuerung ermöglichten betrieblichen Vorteile machen sich in- und ausländische Bahngesellschaften in zunehmendem Maße zu Nutze. Es wurden von BBC 59 Lokomotiven damit ausgerüstet. 31 weitere derartige Steuerungen sind im Bau.

DK 621.3.014.7:6-3

**Zugzusammenstoß als Folge abirrender Ströme in einem Braunkohlen-Abraumbetrieb.** [Nach E. Raucher: Ber. u. Energiewirtsch. 3 (1950) S. 399; 2 S.]

Im Abraumbetrieb einer Grube im Geiseltal ereignete sich ein Zugzusammenstoß, bei dem durch falsche Weichenstellung ein Leerzug einem Vollzug in die Flanke fuhr. Der Fahrbetrieb ist mit 600 V Gleichstrom eingerichtet. Die Fahrleitungen werden durch Erdkabel von der etwa 200 m von der Grube entfernten Gleichrichterstation aus gespeist. Für die Stromrückleitung ist die Gleisanlage mit Schienenstößen, Böden und Querverbindern ausreichend versehen. Zum Fahrbetrieb gehören von einem Stellwerk aus betätigte elektrisch angetriebene Weichen nach Reichsbahnmodell. Die Weichenstellung wird durch einen mit 220 V Wechselstrom angetriebenen Repulsionsmotor 50 Hz, Drehmoment 45 cmkg angetrieben, der seine Energie vom Stellwerk aus durch ein 7adriges Kabel erhält, wovon 4 Adern für den Motorantrieb benutzt werden. 3 weitere dienen einer Umschaltvorrichtung für den Wechsel der Drehrichtung in den Endstellungen der Weiche. Zur Ausrüstung gehört noch ein Vorwiderstand, eine Oberleitung und Gleisanlage entsprachen den VDE-Vorschriften. Das Ergebnis der Untersuchungen war:

1. Eine Schuld durch den Weichensteller lag nicht vor.
2. Die Weiche selbst einschließlich des elektrischen Abtriebs war in Ordnung.
3. Das Erdkabel vom Stellwerk nach der Weichenantriebs hatte in seinen Wechselstromzuleitungen einen Erdschluß, der durch das Durchgehen der Sicherung am Stellwerk und durch die genauere Untersuchung des elektrischen Antriebs schließlich erst festgestellt wurde.
4. Infolge nicht einwandfreien Zustandes der Schienenrückleitung und insbesondere des Fehlens der Kupferrückleitung nach der Gleichrichterstation traten in dem Erdbereich der Gleisanlage wesentliche Gleichströme auf, die durch die schadhafte Kabelanordnung auf den Repulsionsmotor wirken konnten. Die Höhe der Ströme beim 600 V Gleichstromnetz am Unfalltag ist nicht festgestellt worden. Die im Laboratorium aufgenommene Drehmomentkurve eines Wechselstrom-Repulsionsmotors zeigt, daß bei etwa 12 A ein Drehmoment von etwa 32 cmkg auftritt. Das normale Drehmoment des Motors ist 45 cmkg. Infolgedessen ist es erklärlich, daß die länger andauernde Wirkung der Gleichstromimpulse zum Umstellen der Weiche stattfinden konnte.

**Elektroakustik**

DK 621.314.71:5-2

**Aufzeichnung von Nachformschablonen auf Magnetbändern.** [Nach R. R. Perron: Electronics, 23 (1950) S. 104-5]

Metallische Schablonen zur Steuerung wiederholender Vorgänge sind häufig nicht genügend anpassungsfähig. Eine größere Beweglichkeit erhält man, wenn die zu reproduzierenden Formen auf einem Magnetband

zeichnen kann. Eine auf diese Weise konservierte Schablone nimmt wenig Platz ein, läßt sich leicht reproduzieren, Aufnahme und Löschung machen keine Schwierigkeiten. Zur Erreichung der erforderlichen Genauigkeit sind die üblichen Modulationssysteme wie Amplituden- oder Frequenzmodulationen nicht geeignet. Die benutzte Rechteckverhältnismodulation gewährleistet befriedigende Genauigkeit auch nach häufigem Abspielen des Bandes.

Eine Multivibratorfrequenz von 180 Hz wird durch zwei Zeitglieder  $R_1 C_1$  und  $R_2 C_2$  dadurch konstant gehalten, daß die Summe von  $C_1$  und  $C_2$  bei gleichen Widerständen immer die gleiche bleibt. Das Verhältnis von  $C_1$  zu  $C_2$  wird durch Abtastung der Schablone über Zahnstange und Zahnrad gesteuert und ergibt ein bestimmtes Verhältnis der positiven Rechteckwelle zur Gesamtperiodendauer  $t_1/T$ , das proportional zur Stellung der Zahnstange ist. Die Feldstärke, die im Takte des Multivibrators das Magnetofonband magnetisiert, ist so groß, daß die Sättigung überschritten wird. Hierdurch werden die schon auf dem Band befindlichen Magnetisierungen selbsttätig gelöscht. Das verwendete Magnetband ist 7,3 m lang und wird von einer Rolle mit 100 mm Durchmesser mit einer Geschwindigkeit von 0,4 m/s angetrieben. Die erforderliche Synchronisierung zwischen Maschine und Band wird z. B. durch eine Perforation des Bandes gewährleistet.

Zur Wiedergabe wird ein Servomechanismus benötigt. Die Rechteckmagnetisierungen erzeugen Spannungsspitzen am Tastkopf. Diese werden verstärkt und wieder in Rechteckimpulse umgewandelt. Die so erzeugte Steuerspannung steuert ein mit Netzfrequenz schwingendes Relais über einen Phasenschieber mit vormagnetisierter Drossel (Transduktor) dadurch, daß die Phase des schwingenden Relais sich ändert. Dieses Relais legt mit seinen beiden Kontakten den Ankerkreis eines Gleichstrommotors abwechselnd an die Wicklungen eines Gegentaktransformators und wirkt so als Kontaktgleichrichter. Je nach der Phasenlage des schwingenden Relais wird der Servomotor vorwärts- oder rückwärts aufen oder bei 90° Phasenverschiebung gegenüber der Netzspannung stehenbleiben.

Dem Modulationsgrad, d. h. der Stellung der Zahnstange, ist hier dem Verhältnis  $t_1/T$  soll nicht eine bestimmte Geschwindigkeit, also eine bestimmte Drehzahl  $n$  des Servomotors, sondern die Zahnstangenstellung des Nachformwerkzeugs entsprechen, d. h. ein Produkt aus Drehzahl  $n$  und Zeit  $t$ . Es wird daher der Spannung am Eingang des Steuererstärkers, die dem Modulationsgrad entspricht, eine Spannung entgegengeschaltet, die proportional  $f n dt$  ist. Außerdem wird noch eine Spannung, die der Änderung des Modulationsgrades proportional ist, dem Eingang des Verstärkers zugeführt, um ein stabiles Arbeiten der Regelung zu erreichen.

Am Beispiel einer Schuhsohle als Schablone wird die erzielte Genauigkeit besprochen. Die größte Abweichung vom Sollwert betrug 1 mm, das sind 0,66%. Veränderungen in der Viedergabegeschwindigkeit bis  $\pm 50\%$  zeigten keinerlei Einfluß auf die Genauigkeit. Lebensdaueruntersuchungen ergaben erst bei 1000 Spielen einen spürbaren Einfluß bei Verwendung einer Eisenschicht von 1/100 mm Stärke auf Papierband als Träger. Verwendet man eine stärkere Eisenschicht, so lassen sich erheblich mehr Reproduktionen erzielen.

Die erreichbaren verhältnismäßig kleinen Genauigkeiten werden den Aufwand für diese Steuerung vermutlich nur in seltenen Fällen rechtfertigen. Gn

DK 621.314.212 : 534.2

**Geräuschbildung von Leistungstransformatoren.** [Nach T. D. Ord y : Electr. Engng. 69 (1950) S. 800; 5 1/2 S., 8 B.]

Der Verfasser beschreibt zunächst die verschiedenen physikalischen Ursachen für die Entstehung von Geräuschen im Betrieb von Transformatoren. Am bekanntesten ist die Erscheinung der Magnetostraktion, welche in erster Linie für das Kerngeräusch verantwortlich ist. Die Stärke der Magnetostraktion hängt einmal vom Material der Kerne ab und außerdem von der magnetischen Induktion im Kern ab. Da aber zwischen magnetischer Flußdichte und Stärke der Magnetostraktion kein linearer, sondern, besonders bei Wechselstrommagnetisierung, ein sehr verwickelter Zusammenhang besteht, so erzeugt der Kern, auch bei rein sinusförmigem Verlauf des Wechselstromes, neben einem Grundton entsprechend der doppelten Betriebsfrequenz ein Spektrum von Obertönen, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind.

Außer der Magnetostraktion verursachen noch die Kräfte, die an den Überlappungsstellen zwischen den einzelnen Blechen wirksam sind, ein erhebliches Kerngeräusch, das ebenfalls Obertöne enthalten kann. Die Konstruktionsteile, die Kesselwände und die Kühlrohre des Transformators können nun in Resonanz mit der Grund- oder einer Oberwelle der Kernschwingungen geraten und dadurch wesentlich zur Verstärkung des Geräusches beitragen. Bei Belastung des Transformators treten als weitere Geräuschquellen die stromdurchflossenen Wicklungen hinzu, die sowohl aufeinander wie auf den Eisenkern Kräfte ausüben und dadurch in Schwingungen geraten. Schließlich können noch angebaute Lüfter oder Pumpen die Urheber von Geräuschen sein, deren Frequenzspektrum in diesem Fall völlig von demjenigen des aktiven Transformators abweicht.

Messungen an Kernen verschiedener Bauart und unterschiedlicher Blechqualität haben, je nach der Höhe der Erregerspannung, eine Schwankung des Geräuschpegels je 1% Änderung der Erregerspannung von 0,12 bis 0,55 db/V ergeben. Im Bereich der Nennspannung beträgt der Anstieg der Geräuschpegelkurve zwischen 0,2 bis 0,3 db/V.

Mit abnehmender Frequenz nimmt auch der Geräuschpegel stetig ab. Einen gewissen Einfluß auf die Stärke des Kerngeräusches hat die Belastung, weil sie durch die Ausbildung des Streuflusses den Kern teilweise von Kraftlinien entlastet. Natürlich spielt dabei die Lage der erregenden Wicklung zum Kern und die Festlegung über die Spannungshaltung auf der leistungsaufnehmenden und -abgebenden Seite eine Rolle.

Die vom Kern und von den Wicklungen erzeugten Geräusche werden über die Isolation und das Öl auf die Kesselwand und von dort an die umgebende Luft übertragen. Die Frequenzen dieser Geräusche wurden in der Umgebung der verschiedensten Transformatoren bei Erregung mit 60 Hz Wechselspannung zu 120 bis 1200 Hz gemessen, wobei die Geräuschpegel Werte bis weit über 60 db erreichten. Das Frequenzspektrum der von den Lüftern erzeugten Geräusche bedeckt ein breites Band von 150 bis 7500 Hz, das im Gegensatz zu dem Spektrum des eigentlichen Transformatorgeräusches keine ausgesprochenen Maxima aufweist.

Das wirksamste Mittel zur Verminderung des Kerngeräusches ist die Herabsetzung der Kerninduktion, was zu schweren und teuren Transformatoren führt. Auch der Einbau von geräuschdämpfenden Wänden im Innern des Kessels ist möglich, aber ebenfalls teuer. Schließlich kann man solche Wände auch außerhalb des Kessels anordnen oder den Transformator mit einem Gebäude umgeben. Zur Minderung des Lüftergeräusches können langsam laufende Speziallüfter geringerer Förderleistung verwendet werden. Welche von den möglichen Abhilfemaßnahmen ergriffen wird, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit und der besonderen örtlichen Verhältnisse. In jedem Falle erfordert aber die wirksame Herabsetzung des Geräuschpegels einen erheblichen Aufwand an Kosten. Els

## Allgemeiner Maschinenbau

DK 621.891

**Verschleiß bei geschmierter Grenzreibung.** [Nach E. Heidebroek : Ber. Verh. sächs. Akad. Wissensch. Leipzig 98 (1950); 36 S., 5 B.]

Die Theorie erklärt die Vorgänge in einem Lager befriedigend nur für den Zustand der Vollschmierung, d. h. für die reine flüssige, hydrodynamische Reibung. Schwieriger ist die Deutung, wenn die Flächen von Lagerschale und Welle sich teilweise oder ganz berühren. Der Begriff der Grenzflächenreibung genügt nicht, weil eine Reihe von Übergangszuständen besteht zwischen der reinen Flüssigkeitsreibung und der Kontaktreibung, bei der durch enge Berührung der beiden Körper die Kraftfelder der Oberflächenatome verzerrt werden und dadurch Wirkungen entstehen, die nur auf dem Vorhandensein einer Epilamenschicht, d. h. einer von den Eigenschaften des übrigen Körpers abweichenden Grenzschicht, beruhen können. Darüber hinaus wird der Reibungszustand grundlegend bestimmt durch die technische Rauigkeit der Grenzflächen, die bei gleichem Schmierstoff Veränderungen der Reibungszahlen über eine Zehnerpotenz hervorrufen, sowie durch einen etwaigen Verschleiß. Die „Verschleißreibung“ als besondere Phase der Reibung ist weniger geklärt, denn sie hängt von den verschleißmindernden oder -hindernden Eigenschaften des Schmierstoffes ab; ihre Erscheinungsformen sind äußerst



vielseitig. Eine „absolute“ Verschleißfestigkeit gibt es weder für einen Schmierstoff noch für einen bestimmten Werkstoff. Man kann ferner zwischen einem turbulenten und einem stationären Verschleiß unterscheiden, von denen nur der letztere für Lagerungen bedeutsam ist und durch den spezifischen Verschleiß beschrieben werden kann. Er läßt sich durch geeignet ausgebildete Prüfungseinrichtungen ermitteln, von denen nur diejenigen eine zuverlässige Auskunft geben, die im Beharrungszustand arbeiten, weil das Einlaufen fast immer mit turbulentem Verschleiß verbunden ist und daher nur bedingt die Schmiereigenschaften eines Schmierstoffs anzeigt. Die bekanntesten Ölprüfgeräte mit Verschleißwirkung werden kritisch besprochen. Abschließend wird festgestellt, daß die physikalisch-chemische Grundlagenforschung heute noch nicht in der Lage ist, die Beziehungen zwischen Verschleiß und chemischer Struktur der Schmierstoffe exakt zu bestimmen. Infolge der Vielheit der Einflußgrößen wird der Schmiervorgang nicht auf eine einfache Formel gebracht werden können. Wenn von der Forschung auch noch wichtige Erkenntnisse über die kausalen Zusammenhänge zu erwarten sind, wird man sich einstweilen doch noch mit statistischen Vergleichen begnügen müssen.

Schw

DK 621-715.2 : 621.319.35

**Ölreiniger für Kühlöl von Werkzeugmaschinen.** [Nach Machinery, N. Y., 76 (1950), Nr. 1965, S. 894.]

Von der Westinghouse Electric Corporation, Boston, wurde ein elektrostatischer Ölreiniger zur Reinigung von Kühlöl entwickelt, das durch Späne bei der spanabhebenden Bearbeitung verunreinigt ist. Das Gerät ist kastenförmig ausgebildet, 145 cm hoch, 80 cm lang und 40 cm breit und enthält einen Lüfter, eine Kollektorzelle, einen Ionisator und einen Netzanschlußteil. Die groben Verunreinigungen werden durch ein mechanisches Filter abgehalten. Der Ionisator besteht aus feinen Wolframdrähten, zwischen denen durch Anlegen von 13 kV Gleichspannung ein starkes elektrisches Feld gegen das Gehäuse aufgebaut wird. Wenn das Kühlmittel hier durchgeleitet wird, so erhalten die Flüssigkeitsteilchen eine positive Ladung. Nach Aufnahmen der Ladung gelangt die Flüssigkeit durch die Kollektorzelle, die aus dicht nebeneinander angeordneten geerdeten Stahlplatten besteht. Beim Durchlaufen gibt das Kühlmittel seine Fremdkörper, Schmutzteilchen und Späne ab und ist nach Kühlung wieder verwendbar. Der Netzanschlußteil nimmt nur 90 W auf. Das Gerät kann leicht an Werkzeugmaschinen angebaut werden.

Tsch

## Isolierstoffe

DK 621.315.75

**Eine neue wärmebeständige Isolation auf Asbestbasis.** [Nach M. Egolf: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 609; 2 S., 5 B.]

Ein amerikanisches Werk bringt ein folienartiges Isolierband auf den Markt, das auf Asbestgrundlage aufgebaut ist. Es hat eine papierähnliche Struktur und ist von fast weißer Farbe. Die Fasern sind nicht gewebt, sondern mit nicht näher bezeichneten anorganischen und organischen Bindemitteln verleimt. Das Blatt ist sehr homogen und lochfrei, es läßt sich in sehr geringen Stärken bis zu etwa 0,01 mm herstellen. Es enthält weder leitende Einschlüsse noch lösliche Elektrolyte, was durch gründliche Reinigung des verwendeten Chrysotilasbestes und durch sorgfältige Fertigung gewährleistet wird.

Die hervorstechendste Eigenschaft ist eine hohe Hitzebeständigkeit. Die Grenztemperatur wird mit 175 bis 200 °C angegeben. Wenn sie trotz allem noch weit unterhalb der des Asbestes liegt, der bei 400 °C brüchig zu werden beginnt, so ist das auf die Verleimung zurückzuführen. Selbst in der Flamme ist das Blatt unbrennbar; allerdings wird das organische Bindemittel entzündet. Was die Wärmeleitfähigkeit des erwähnten Asbestbandes anbelangt, so ist sie wegen der festgepreßten, luftfreien Struktur wider Erwarten gut. Die sehr geringe Stärke ermöglicht bei Raum- und Gewichtersparnis eine tadellose Schmiegsamkeit. Auch die sonstigen mechanischen, sowie chemischen und elektrischen Eigenschaften sind voll befriedigend. Chemisch ist das Band gegen Säuren und Alkalien recht widerstandsfähig. Auch hier wiederum wird gegebenenfalls das Bindemittel angegriffen. Das Band kann ohne weiteres mit den üblichen Isolierlacken behandelt und damit feuchtigkeitsunempfind-

lich gemacht werden. Gegen Mineralöle ist es ebenfalls beständig. Das Bindemittel löst sich bei Verwendung von chlorierten Kohlenwasserstoffen.

Bei mit Lack imprägniertem Bande ist die Wärmebeständigkeit der Isolation natürlich durch den Lack begrenzt. Wird diese Grenze überschritten, so bricht zwar der Feuchtigkeitsschutz und die Festigkeit des Lackes zusammen, die Isolation des Bandes aber bleibt erhalten, so daß das damit ausgerüstete Gerät trotzdem betriebsfähig bleiben kann. Die Durchschlagsfestigkeit ist (abgesehen von dem Einfluss verdampfenden Wassergehaltes) bis zu 300 °C unabhängig von der Temperatur. Es werden Werte von 10 bis 15 kV/mm (nach ASTM) genannt. Der spezifische Widerstand ist etwa  $10^{11} \Omega \text{ cm}$ , der Verlustfaktor (bei 50 Hz) etwa 0,15 bis 0,2.

Br

DK 621.315.416 : 621.319.35

**Messung der Brennbarkeit an dünnen Folien und Geweben.** [Nach J. R. Blegen: Gen. Electr. Rev. 53 (1950) S. 31 $\frac{1}{2}$  S., 1 B.]

Schwerwiegende Unfälle sowie die Vielfalt und Unzulänglichkeit der bisherigen Prüfmethode veranlaßte die amerikanische Kunststoffindustrie, dieses Problem ernsthaft aufzugreifen. Der Verfasser hat dazu folgendes Prüfverfahren entwickelt.

In einer gut belüfteten Verbrennungskammer aus vernickeltem Stahl ist die Probe unter einem Winkel von 45° gehalten. Zu Beginn der Prüfung gleitet der Probenhalter mit der Probe durch seine eigene Schwere in diese Kammer und setzt beim Auftreffen über einen Schalter eine Stoppuhr in Gang. Gleichzeitig wirkt eine Gasflamme von 13 cm Höhe auf das untere Ende der Probe. Die einsetzende Verbrennung zerstört alsbald einen dicht über das untere Probenende gespannten Baumwollfaden, wodurch ein Schalter betätigt wird, der die in Gang befindliche Stoppuhr stoppt und eine zweite einschaltet. Diese wird beim Durchbrennen eines zweiten Fadens am oberen Probenende ebenfalls betätigt außer Gang gesetzt. An der ersten Stoppuhr liest man die Zeitdauer der Entflammung, an der zweiten die Zeitdauer der Verbrennung mit einer Genauigkeit von Zehntelsekunden ab. Ein Eisen-Konstantan-Thermoelement, etwa 2,5 cm über dem oberen Probenende, ermöglicht gleichzeitige Temperaturmessungen. Zu Löschversuchen kann der Probenhalter mit der noch brennende Probe mit einem wärmeisolierten Handgriff aus dem Verbrennungsraum herausgenommen werden.

Die an gut brennbaren Stoffen gemessene Entflammungsdauer liegt zwischen 0,1 und mehreren Sekunden. Die Brenndauer zwischen 2 und 50 s. Zum Anzünden von schwer entflammaren Proben ist eine größere Gasflamme vorgesehen. Prüfkörper aus Stoffen, die nicht von selbst weiterbrennen, werden senkrecht gehalten und etwa 10 cm lang der Gasflamme ausgesetzt. Anschließend mißt man die Zeitdauer des Nachbrennens und die des Nachglühens an den beiden, diesmal von Hand betätigten Stoppuhren.

Mit dem beschriebenen Gerät können Proben von bis 6 mm Dicke geprüft werden. Damit ist es möglich, Fasern, Fäden, Gewebe und kautschukartige Stoffe hinsichtlich ihrer Brennbarkeit zu beurteilen, während für das allerdings jetzt mehr in den Hintergrund getretene deutsche Verfahren zur Bestimmung der Glutfestigkeit von Isolierstoffen nur Flachstäbe in den Abmessungen 3×15×120 mm verwendet werden sind. Vor allem im Hinblick auf den gewerblichen Unfallschutz scheint die oben angegebene Prüfmethode sehr bedeutsam.

## Verschiedenes

### Dreschmotor

Zu dem Aufsatz von W. Kind „Die Elektrizität auf der DLG-Ausstellung in Hamburg“, ETZ 72 (1951) H. 18. S. 10 wird auf Wunsch einiger Überlandwerke folgendes mitgeteilt:

Die unmittelbare Einschaltung des in Hamburg gefertigten SSW-Dreschmotors mit Metalluk-Fliehkrafttriebwerks ohne Anlasser ist nur mit Genehmigung des zuständigen EVU zulässig, da die hierbei auftretenden Einschaltströme die zulässigen Grenzwerte der Technischen Anschlussbedingungen der VdEW zwar nur kurzzeitig, aber der Höhe nach doch erheblich überschreiten.

Die Schriftleitung

VDE 0302 III. 43.

# VERSCHIEDENES

## VDE

### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 431 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Inkraftsetzung von VDE 0671/12.51

**„Leitsätze für die probeweise Verwendung von Hochspannungsgeräten und Schaltanlagen für Betriebsspannungen bis 10 kV“.**

Gegen den in der ETZ 72 (1951) H. 5, S. 159 veröffentlichten Entwurf für VDE 0671 ist nur ein Einspruch eingegangen. Dieser wurde inzwischen von der VDE-Kommission 0111 „Isolationsbemessung ab 1 kV“ unter Vorsitz von Herrn Dr. Elsner ordnungsgemäß behandelt. Die Schlußfassung von VDE 0671 wurde vom Vorstand des VDE im Oktober 1951 genehmigt und mit Wirkung vom 1. 12. 1951 in Kraft gesetzt.

Sonderdrucke der Neufassung VDE 0671/12.51 können vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße Nr. 111, und Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,20 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

#### VDE 0111/... 52

**Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber.**

##### Entwurf\*

###### Inhalt

- Gültigkeit**
- 1 Geltungsbeginn
  - 2 Geltungsbereich
  - 3 Zweck der Leitsätze

**Begriffserklärungen**

- 4 Anlage und Netz
- 5 Isolation
- 6 Isolierter und geerdeter Netzsternpunkt
- 7 Entladungsförmigkeit
- 8 Spannungen
- 9 Einwirkungen auf die Isolation
- 10 Abmessungen
- 11 Einteilung der Prüfungen

**Richtlinien für die Bemessung der Isolation sowie für den Gewitterschutz**

- 2 Bemessung der Isolation gegen Beanspruchungen durch Betriebsvorgänge
- 3 Abstufung der Isolation gegen Gewitterüberspannungen
- 4 Schutz von Anlagen gegen Gewitterüberspannungen

**Nachweis des Isoliervermögens gegen Spannungsbeanspruchungen von Betriebsfrequenz**

- 5 Nachweis der Stehwerkspannung
- 6 Nachweis der Sicherheit gegen Überschlag und Durchschlag
- 7 Nachweis des Isoliervermögens im verschmutzten Zustand
- 8 Ausführung der Wechselspannungsprüfungen

**Nachweis des Isoliervermögens gegen Gewitterüberspannungen**

- 9 Höhe der Isolationspegel gegenüber Stoßspannung
- 10 Nachweis des unteren Isolationspegels
- 11 Nachweis des mittleren Isolationspegels
- 12 Nachweis des oberen Isolationspegels

#### I. Gültigkeit

##### § 1

###### Geltungsbeginn

Diese Leitsätze treten am . . . . . in Kraft!  
Die bisherigen Leitsätze VDE 0111/XI.41 werden am gleichen Tage ungültig.

##### § 2

###### Geltungsbereich

Diese Leitsätze gelten für die Isolationsbemessung von Anlagen zum Erzeugen, Verteilen und zum Verbrauch elektrischer Energie mit Spannungen von 1 kV und darüber. Sie umfassen folgende durch die Betriebsspannung beanspruchten Teile der Anlage: Transformatoren, Messspulen, Kondensatoren, Meßwandler, Hochspannungsgeräte, Isolatoren, isolierte Leitungen, Kabel, Freileitungen, Stromrichter und Überspannungsschutzgeräte.  
Ausgenommen von diesen Leitsätzen sind Generatoren und Motoren. Nur Anlagen mit Gleichspannungen gelten diese Leitsätze nicht.

**Einspruchsfrist bis 15. Januar 1952.** Anwendung der noch nicht gültigen Fassung auf eigenes Risiko.  
Genehmigt durch den Vorstand des VDE im . . . . ., bekanntgegeben ETZ . . . . . Frühere Fassungen . . . . .

#### Neufassung von VDE 0111

**„Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen von 1 kV und darüber“.**

Die VDE-Kommission 0111 „Isolationsbemessung für Anlagen ab 1 kV“ hat einen Entwurf für die Neufassung von VDE 0111 ausgearbeitet, der im Hinblick auf die umfassende Bedeutung der Frage der Isolationsbemessung nachstehend im vollen Wortlaut veröffentlicht wird.

Es ist beabsichtigt, diese Neufassung am 1. April 1952 in Kraft zu setzen und zu dem gleichen Zeitpunkt die bisherigen Leitsätze VDE 0111/XI.41 für ungültig zu erklären.

Einsprüche gegen diesen Entwurf und gegen die geplanten Termine für die In- und Außerkraftsetzung können bis zum 15. Januar 1952 bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

Einführungsaufsatz siehe ETZ 72 (1951) H. 22, S. 662.

Sonderdrucke enthaltend den Entwurf der Neufassung von VDE 0111 sowie den Einführungsaufsatz des Vorsitzenden können zum Preis von 4,— DM durch den VDE-Verlag GmbH, Berlin-Charlottenburg, Bismarckstraße 33, und Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, bezogen werden.

Der Kommissionsvorsitzende                      VDE-Vorschriftenstelle  
Elsner    Jacottet

#### § 3

##### Zweck der Leitsätze

Diese Leitsätze haben den Zweck, allgemein gültige Grundsätze und Richtlinien für die Bemessung und Prüfung der Isolation von elektrischen Anlagen mit Betriebsspannungen von 1 kV und darüber festzulegen. Sie berücksichtigen (siehe § 9):

- a) Spannungserhöhungen von Betriebsfrequenz.
- b) Überspannungen, die von Vorgängen im Betrieb der Anlage oder aus der Atmosphäre herrühren.
- c) Isolationsminderungen durch Schmutz und Feuchtigkeit auf den Oberflächen der Isolatoren sowie durch die Alterung der festen und flüssigen Isoliermittel im Laufe des Betriebes.

#### II. Begriffserklärungen

##### § 4

###### Anlage und Netz

- a) Elektrische Anlage ist die Gesamtheit der an einer Stelle zusammengeschlossenen elektrischen Betriebsmittel, die zum Erzeugen, Verteilen und zum Verbrauch elektrischer Energie dienen.
- b) Elektrisches Betriebsmittel ist ein Bestandteil der Anlage, z. B. Transformator, Hochspannungsgerät, Stromrichter.
- c) Netz ist die Gesamtheit der miteinander verbundenen Anlageteile gleicher Nennspannung.  
Als miteinander verbunden gelten dabei auch Anlageteile, die durch Kondensatoren gekoppelt sind, sofern diese zur Leistungsübertragung dienen.

##### § 5

###### Isolation

- a) Isolation ist der Zustand der galvanischen Trennung von Teilen, die gegeneinander unter Spannung stehen.
- b) Isoliermittel ist der gasförmige, flüssige oder feste Stoff, der die Isolation herstellt.
- c) Isoliervermögen einer Anlage oder eines ihrer Teile ist ihre Fähigkeit, Spannungen von gegebenem zeitlichen Verlauf bis zur Höhe der jeweiligen Stehspannung (siehe § 8 b) standzuhalten.  
Bei Stoßspannung ist das Isoliervermögen durch die Kennlinie der Stehstoßspannung in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf des Spannungsstoßes gekennzeichnet.
- d) Isolationspegel ist eine der Nennspannung zugeordnete Spannungsgrenze, die das Isoliervermögen kennzeichnet.
- e) Isolationsbemessung ist die Festlegung der Höhe des Isoliervermögens.
- f) Isolationsabstufung ist die gegenseitige Zuordnung verschiedener Isolationspegel z. B. mit dem Zweck, Durchschläge oder Überschläge an solche Stellen zu verlegen, an denen sie möglichst geringen Schaden anrichten.

##### § 6

###### Isolierter und geerdeter Netzsternpunkt

- a) Isolierter Sternpunkt ist ein Sternpunkt, der nicht (absichtlich) leitend an eine Erdungsanlage (Erder) oder an einen geerdeten Anlagenteil angeschlossen ist. Der Sternpunkt gilt ebenfalls als (praktisch) isoliert, wenn er über Meß- oder Schutzrichtungen mit sehr großem Scheinwiderstand oder über einen Überspannungsableiter geerdet ist.
- b) Geerdeter Sternpunkt ist ein Sternpunkt, der (absichtlich) leitend an eine Erdungsanlage (Erder) oder an einen geerdeten Anlagenteil angeschlossen ist. Man spricht von:
  1. starrer Sternpunkterdung, wenn die Erdung außer dem Erdungswiderstand keine weiteren Widerstände enthält.
  2. ohmscher Sternpunkterdung, wenn die Erdung über strombegrenzende Wirkwiderstände erfolgt.
  3. induktiver Sternpunkterdung, wenn die Erdung über induktive Blindwiderstände erfolgt. Hierzu gehören Erdschlußspulen (Petersenspulen), die den Erdschlußstrom durch ihre auf die Netzkapazität abgestimmte Induktivität aufheben.
  4. kapazitiver Sternpunkterdung, wenn die Erdung über kapazitive Blindwiderstände erfolgt.

- c) Hinsichtlich der Spannungsbeanspruchung der Isolation eines Außenleiters gegen Erde bei Erdschluß eines anderen Außenleiters und des hierfür zu bemessenden Isoliervermögens der Anlage ist zu unterscheiden zwischen:
  1. Netzen mit nicht starr geerdetem Sternpunkt. Hierunter fallen sowohl Netze mit isoliertem Sternpunkt gemäß a) als auch Netze mit ohmscher, induktiver oder kapazitiver Sternpunktterdung gemäß b) 2., 3., 4., sofern bei Erdschluß eines Außenleiters die Spannung an den anderen Außenleitern nennenswert höher ansteigt als bei starrer Sternpunktterdung (Normale Isolation siehe § 12 b).
  2. Netzen mit starr geerdetem Sternpunkt gemäß b) 1. (Für Reihenspannungen von 110 kV und darüber verringerte Isolation, siehe § 12 d).  
Aufgrund von Erfahrungen wird in Netzen mit starrer Sternpunktterdung bei Erdschluß eines Außenleiters die Spannung an den anderen Außenleitern niemals das 0,8fache der Betriebsspannung (Dreieckspannung) überschreiten.

§ 7  
Entladungsformen

- a) Glimmen (Glimmentladung) ist die Erscheinung der stetigen elektrischen Leitung in Gasen und Flüssigkeiten durch Stoßionisation. Sie macht sich durch schwaches Leuchten ohne zischende Geräusche bemerkbar, wenn die Spannung einen bestimmten Wert (Anfangsspannung) übersteigt.
- b) Büschelentladung ist die Erscheinung einer aussetzenden elektrischen Entladung in Gestalt einzelner Stiele oder eines Strahlenbündels, das von einem Leiter ausgeht, wenn seine Spannung über einen bestimmten Wert (Büschelansatzspannung) steigt, der aber zu tief ist, um einen vollständigen Funkendurchschlag oder -überschlag hervorzurufen. Die Büschelentladung wird bei Dauerspannung im allgemeinen von einem knisternden (prasselnden) Geräusch begleitet.
- c) Funken(-entladung) ist eine Entladungserscheinung von kurzer Dauer, die durch einen Spannungszusammenbruch gekennzeichnet ist und in eine Entladung mit fallender Strom-Spannungskennlinie übergeht.
- d) Gleitfunken(-entladung) ist eine Entladung in der Grenzzone zwischen zwei Isoliermitteln von verschiedenem Aggregatzustand in Form eines Funkens, der einen Teil des Isolierraumes zwischen den Elektroden überbrückt, sobald die Spannung einen bestimmten Wert (Gleitfunkeinsatzspannung) überschreitet.
- e) Lichtbogen ist eine stielige langdauernde Entladung mit fallender Strom-Spannungskennlinie, wobei der Stromfluß überwiegend durch die aus der erhitzten Kathode emittierten Elektronen besorgt wird.
- f) Durchschlag ist die Aufhebung des Isoliervermögens durch eine Entladung in Form eines elektrischen Funkens oder Lichtbogens, die bei Überschreiten einer gewissen Spannung (Durchschlagspannung) unter bestimmten Bedingungen auftritt und fallende Strom-Spannungskennlinie besitzt. Bei festem Isolierstoff hinterläßt der Durchschlag eine bleibende Veränderung in Form eines Durchschlagkanals.
- g) Überschlag ist der Durchschlag eines gasförmigen oder flüssigen Isoliermittels, das elektrisch parallel zu einem festen Isoliermittel geschaltet ist.

§ 8  
Spannungen

- a) Anfangsspannung, Büschelansatzspannung, Gleitfunkeinsatzspannung, Durchschlagspannung ( $U_d$ ), Überschlagspannung ( $U_u$ ) sind die Spannungen, bei denen die zugehörigen Entladungsformen nach § 7 a), b), d), f) und g) einsetzen.
- b) Stehspannung ( $U_{st}$ ) ist die Spannung von gegebenem zeitlichen Verlauf, der die Isolierung gerade noch standhält.
- c) Nennspannung ( $U_n$ ) eines Betriebsmittels oder Netzes ist diejenige Spannung, für die es bemessen und gebaut ist.
- d) Reihenspannung ( $U_r$ ) ist diejenige genormte Nennspannung, für die die Isolation eines Betriebsmittels bemessen ist.
- e) Betriebsspannung ( $U_b$ ) ist die jeweils örtlich zwischen den Leitern herrschende Spannung an einem Betriebsmittel oder Anlageteil.
- f) Prüfspannung ( $U_p$ ) ist der Wert der Spannung, der dem Prüfling zum Nachweis eines bestimmten Isoliervermögens aufgedrückt wird.

§ 9  
Einwirkungen auf die Isolation

- a) Spannungserhöhung ist das vorübergehende Ansteigen der Spannung von Betriebsfrequenz über den Wert der höchstzulässigen Betriebsspannung.
- b) Überspannung ist eine meist kurzzeitig auftretende Spannung, die den höchstzulässigen Wert der Betriebsspannung der Leiter gegeneinander oder gegen Erde überschreitet.
  1. Innere Überspannung ist eine Überspannung, die durch gewollte oder ungewollte Schaltvorgänge, z. B. auch Erd- und Kurzschlüsse, sowie durch Resonanzwirkungen (z. B. durch Oberwellen) entsteht.
  2. Äußere Überspannung ist eine von außen durch Einwirkung von Gewittern oder von fremden Netzen hervorgerufene Überspannung.
- c) Isolationsminderung ist die Einbuße an Isoliervermögen gegenüber dem fabrikenen Zustand. Sie kann auftreten:
  1. Bei Betriebsmitteln, deren Oberfläche der umgebenden Luft und damit der Einwirkung von Schmutz und Feuchtigkeit ausgesetzt ist.
  2. Bei Betriebsmitteln, deren Isolierung durch physikalische oder chemische Einflüsse einer Veränderung (Alterung) ausgesetzt ist.

§ 10  
Abmessungen

- a) Schlagweite ist die kürzeste, in gasförmigem oder flüssigem Isoliermittel mit einem gespannten Faden gemessene Entfernung zweier blanker, unter Spannung gegeneinander oder gegen Erde stehender Teile.  
Bei mehrteiligen Isolatoren und Isolatorenketten gilt als Schlagweite die Summe der zwischen den einzelnen Armaturen ermittelten Fadenmaße, sofern nicht die Schlagweite zwischen den Endarmaturen kleiner ist.

- b) Abstand ist die kürzeste Entfernung unter Spannung gegenüber oder gegen Erde stehender Teile in gasförmigem, flüssigem oder festem Isoliermittel.
- c) Kriechstrecke ist der kürzeste Weg, auf dem ein Stromgang längs der Oberfläche eines Isolierkörpers zwischen unter Spannung gegeneinander oder gegen Erde stehenden Teilen eintreten kann.

§ 11  
Einteilung der Prüfungen

- a) Die Stückprüfung dient dazu, etwa vorhandene Werkstoff- oder Herstellungsfehler aufzufinden. Sie wird an jedem einzelnen Stück der Liefermenge vorgenommen und darf die Verwendbarkeit des Prüflings nicht beeinträchtigen.
- b) Die Stichprobenprüfung dient zum Nachweis bestimmter Eigenschaften des Prüflings. Sie stellt über den Rahmen der Stückprüfung hinausgehende Anforderungen und wird an einzelnen beliebig zu wählenden Stücken der Liefermenge durchgeführt. Die Stichprobenprüfung kann die Verwendbarkeit des Prüflings beeinträchtigen.
- c) Die Typenprüfung dient zum Nachweis kennzeichnender Eigenschaften des Prüflings. Sie gilt nicht als Bestandteil üblicher Abnahmeprüfungen. Sie wird an Mustern der Fertigung nach abgeschlossener Entwicklung der Typen ausgeführt. Die Typenprüfung kann die Verwendbarkeit des Prüflings beeinträchtigen.
- d) Die Modellprüfung besteht aus allgemeinen grundlegenden Untersuchungen an einem elektrischen Betriebsmittel, um dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck nachzuweisen. Sie kann weder bei der Entwicklung neuer Bauformen oder als Ersatz für die Typenprüfung an einer Nachbildung des Prüflings oder eines anderen desselben auch unter teilweiser Änderung seiner Abmessungen durchgeführt werden.

III. Richtlinien für die Bemessung und Abstufung der Isolation sowie für den Gewitterschutz

§ 12

Bemessung der Isolation gegen Beanspruchung durch Betriebsvorgänge

- a) Die Isolation einer elektrischen Anlage soll so bemessen werden, daß sie den betriebsmäßig durch gewollte oder ungewollte Schaltvorgänge entstehenden inneren Überspannungen standhält, ohne durch sie zu überzuschlagen. Diese Forderung soll insbesondere auch unter ungünstigen atmosphärischen Bedingungen am Aufstellungsort und unter Berücksichtigung der Oberfläche erfüllt sein.  
Der Bemessung der Isolation sind also zwei Gesichtspunkte zu Grunde zu legen:
  1. Das ausreichende Isoliervermögen gegen die auftretenden inneren Überspannungen.
  2. Die Berücksichtigung der durch Feuchtigkeit, Verschmutzung und Alterung entstehenden Isolationsminderung.
- b) Die Forderung ausreichenden Isoliervermögens gegenüber den betriebsmäßigen Spannungsbeanspruchungen gilt als erfüllt, wenn die Isolation der Anlage die für die einzelnen Anlageteile in § 15, Tafel 1 angegebenen Prüfspannungen aushält. Tafel 1 gilt für Anlagen bei starrer Sternpunktterdung des Netzes nicht starr geerdet ist (Anlagen mit erhöhter Isolation).  
Bei Isolatoren, die der Verschmutzung ausgesetzt sind, soll das Isoliervermögen in verschmutztem Zustand durch eine Prüfung nach Tafel 2 nachgewiesen werden.
- c) Anlagen, bei denen ein Außenleiter des Netzes starr geerdet ist, erfahren eine höhere Spannungsbeanspruchung gegen Erde als solche mit isolierten Außenleitern. Derartige Anlagen sind daher nach § 15 c) Gruppe B bzw. § 15 e) für ein höheres Isoliervermögen zu bemessen (Anlagen mit erhöhter Isolation).
- d) Anlagen, bei denen der Sternpunkt des Netzes starr geerdet ist, erfahren bei Erdschluß eines Außenleiters eine geringere Spannungsbeanspruchung gegen Erde als solche mit nicht starr geerdetem Sternpunkt. Derartige Anlagen können daher nach § 15 f) für ein geringeres Isoliervermögen bemessen werden. Für Anlagen mit starr geerdetem Sternpunkt gelten die ermäßigten Prüfspannungen nach Tafel 2 (Anlagen mit verringerter Isolation).  
Werden in Netzen mit starrer Sternpunktterdung Transformatoranschlüssen, deren Sternpunkt zwar abgestuft isoliert, aber nicht starr geerdet ist, so ist an deren Sternpunkt ein Überspannungsschutz zu sehen, dessen Schutzpegel der Isolation des Sternpunktes entspricht.
- e) Betriebsmittel sollen so isoliert und angeordnet werden, daß bei einem Überschlag voraussichtlich nur geerdete Teile, auf keinen Fall Teile eines anderen Netzes getroffen werden, das für sich selbst isoliert ist. Die Isolation von Netz zu Netz soll daher an den betreffenden Stellen höher sein [vgl. auch § 13 b)] als die Isolation des Netzes gegen Erde, mindestens aber gleich der für offene Transformatoren nach Tafel 1 und 2, Isolationsgruppe A, geforderten.
- f) Spannungserhöhungen von Betriebsfrequenz, die z. B. beim Leeren am Ende langer Leitungen auftreten können, sollen das 1,2fache der höchstzulässigen Betriebsspannung nicht überschreiten, wobei die Löschespannung der Ableiter Rücksicht zu nehmen ist. Spannungssteigerungen sind auf schnellstem Wege durch geeignete Maßnahmen auf den Wert der höchstzulässigen Betriebsspannung abzusenken.

§ 13

Abstufung der Isolation gegen Gewitterüberspannungen

- a) Im allgemeinen kann die Isolation einer Anlage mit einem Mittelwert nicht so bemessen werden, daß sie auch den Beanspruchungen durch die bei einem unmittelbaren Blitzschlag in der Anlage auftretenden Überspannungen gewachsen ist. Die Isolatoren der Freileitungen sind für die Prüfwechselspannung im berechneten, sauberen Zustand zu bemessen sind, begrenzen zwar die von außen in die Anlage eintreffenden Wanderwellen auf den Wert der Überschlag-Stoßspannung der Isolatoren. Bei Blitzschlägen in der Freileitung in der Nähe von Isolatoren kann aber die 50%-Überschlag-Stoßspannung der Isolatoren überschritten werden, so daß abgeschnittene Keilwellen, deren Wert die 50%-Überschlag-Stoßspannung der Isolatoren nicht übersteigt, einzuziehen. Die Maßnahmen zum Schutz gegen äußere Überspannungen müssen sich deshalb darauf beschränken, die Isolation der Betriebsmittel in ihrer Bemessung so abzustufen, daß bei einem Überschlag der äußeren Isolation an Luftstrecken in der Anlage keine Schäden an den Innern von Transformatoren, Maschinen, Kabeln, Wanderspannungsgeräten auftreten können.

b) Die Isolation im Innern von Transformatoren, Kabeln, Isolatoren und Geräten muß demnach gegenüber Stoßspannungen das höchste Isoliervermögen der Anlage aufweisen. Das Isoliervermögen der äußeren Isolation gegenüber Stoßspannungen, das man auch als mittleren Isolationspegel bezeichnet, muß genügend tief unter dem Pegel der Isolation im Innern der Betriebsmittel (oberer Isolationspegel) liegen. Ist aus wirtschaftlichen Gründen eine entsprechende Bemessung der Isolation nicht möglich, so sind besondere Schutzmaßnahmen anzuwenden.

Die Isolation zwischen getrennten Teilen gleichnamiger Leiter von Trennern, Leistungstrennern, Trennlaschenanordnungen und Sicherungshaltern soll grundsätzlich dem Pegel der Isolation im Innern von Betriebsmitteln entsprechen. Das gleiche gilt für die Isolation getrennter Netze gegeneinander.

Der obere Isolationspegel soll mindestens das 1,25fache des mittleren Isolationspegels betragen.

c) Die Isolation von Freiluftanlagen muß mit Rücksicht auf die zu erwartende Isolationsminderung durch Verschmutzung im allgemeinen höher bemessen werden, als es die inneren Überspannungen erfordern würden. Daher muß in den Fällen, wo keine Überspannungsableiter in der Anlage vorhanden sind, zur Vermeidung von Durchschlägen im Innern der Betriebsmittel das Isoliervermögen der Außenisolation gegenüber Stoßspannungen durch Schutzfunkenstrecken entsprechend herabgesetzt werden. Die Stoßspannungen dieser Schutzfunkenstrecken sind mit den zugehörigen Schlagweiten aus § 19, Tafel 5 und 6, zu entnehmen.

Für die Außenisolation von Freiluftanlagen und Freileitungen gelten die in § 19, Tafel 3 und 4 für den mittleren Isolationspegel angegebenen Stoßspannungen.

d) Der Einbau von Schutzfunkenstrecken ist vom Standpunkt der Abstufung der Isolation als Behelfsmaßnahme anzusehen. Anzustreben ist in jedem Fall der Einbau von Überspannungsableitern nach VDE 0675. Die Überspannungsableiter legen den Schutzpegel der Anlage (unterer Isolationspegel) fest. Der Schutzpegel muß so tief unter dem mittleren Isolationspegel liegen [siehe b) und c)], daß ein Überschlag oder Durchschlag in der Anlage verhindert wird. Der Schutzpegel für Ventilableiter ist in Spalte 4 der Tafeln 3 und 4 des § 19 enthalten. Für Rohrableiter dürfen die Werte der Spalte 3 der Tafeln 5 und 6 nicht überschritten werden.

e) Die in Tafel 5 und 6 zu den Stoßspannungen angegebenen Schlagweiten der Schutzfunkenstrecken beziehen sich auf einen Luftdruck von 760 Torr, eine Lufttemperatur von 20 °C und eine absolute Luftfeuchtigkeit von 11 g/m<sup>3</sup>. Da mit zunehmender Höhenlage die Durchschlagfestigkeit der Luft wegen der verringerten Luftdichte abnimmt, ist bei Aufstellungsstellen mit Höhenlagen ab 500 m ü. N. N. für je 500 m Höhenzunahme die Schlagweite der Schutzfunkenstrecken um je 7,5% gegenüber den Werten in Spalte 7 der Tafeln 5 und 6 zu vergrößern.

f) Über die in a) bis e) angegebenen Maßnahmen hinaus erübrigt sich eine Abstufung des Isoliervermögens der Freileitung gegenüber dem der Anlage für Stoßspannungen.

g) Auf Grund der vorstehenden Überlegungen ergeben sich für die Abstufung der Isolation einer Hochspannungsanlage gegenüber Stoßspannungen folgende Isolationspegel:

1. Unterer Isolationspegel (Schutzpegel)
2. Mittlerer Isolationspegel
3. Oberer Isolationspegel.

Über die Einordnung der verschiedenen Isolationen in diese Pegel gibt § 19 b) und über die Abstufung der Pegel gegeneinander Tafel 3 und 4 Aufschluß.

#### § 14

### Schutz von Anlagen gegen Gewitterüberspannungen

Um die Auswirkung atmosphärischer Überspannungen möglichst klein zu halten, werden folgende Maßnahmen empfohlen:

**Erdschutz.** Freileitungen, insbesondere solche mit Nennspannungen von 110 kV und darüber sind durch ein oder mehrere Erdselle zu schützen. Um einen wirksamen Schutz gegen Blitzeinschläge in die stromführenden Leitungen zu erreichen, sind die Erdselle in ausreichender Höhe über den Stromleitern zu verlegen und an jedem Mast zu erden. Bei nur einem Erdsell sollte auf Grund von Erfahrungen<sup>2</sup> das Verhältnis des senkrechten zum waagerechten Abstand zwischen Erdsell und den zu schützenden Leitungen den Wert 1,5 möglichst nicht unterschreiten. Soweit eine Verlegung von Erdsellen auf der gesamten Strecke wirtschaftlich nicht tragbar ist, sollen Freileitungen wenigstens auf einige Kilometer vor den Stationen oder vor im Zuge von Freileitungen liegenden Kabelstrecken durch Erdselle geschützt werden. Erdselle von Freileitungen sind nach Möglichkeit in die Stationen einzuführen und mit deren Schutzerde zu verbinden. Soweit das Erdsell sich nicht oberirdisch einführen läßt, ist es durch Bodenseile mit der Schutzerde der Stationen zu verbinden. In Freiluftstationen ist der Erdschutz auch über die Stationen auszudehnen.

#### Blitzschutzerdung.

1. Um bei Blitzschlägen in Erdselle, Maste und Gerüste von Freileitungen und Freiluftanlagen rückwärtige Überschläge in die stromführenden Leitungen zu verhüten, ist der Ausbreitungswiderstand der einzelnen Masten bzw. der Gerüste nach Möglichkeit soweit herabzusetzen, daß der durch Blitzströme bis zu 60 kA [siehe VDE 0141<sup>3</sup>, § 24 b) in ihnen hervorgerufene Spannungsabfall unter der Stoßspannung der Freileitungs- bzw. der übrigen Anlagen-Isolation bleibt. Insbesondere ist diese Forderung an den letzten Masten vor den Stationen einzuhalten.

2. Staberder, welche die überwiegende Herabsetzung des Widerstandes bewirken, sind möglichst kurz am Mastfuß anzuschließen, sollen aber einen solchen Abstand voneinander haben, daß jeder Erder voll wirksam wird. Bei Oberflächenerdern werden statt eines Strahles bei gleichem Aufwand besser mehrere vom Mastfuß in annähernd gleichem Abstand voneinander ausgehende Strahlen (zweckmäßig Vierstrahlerder) verlegt.

3. Bei Freileitungen mit Holzmasten und Erdseilen sind die Isolatorenträger nicht mit dem Erdsell zu verbinden, um die Gefahr rückwärtiger Überschläge zu verringern. Bei den letzten Masten vor der Station ist diese Verbindung dagegen auszuführen, um die Höhe der in die Station einziehenden Wanderwellen zu begrenzen. Im übrigen ist auch bei Freileitungen mit Holzmasten das Erdsell nach Möglichkeit an jedem Mast, mindestens aber in Abständen von 300 m gut zu erden.

<sup>2</sup> vgl. H. Baatz: Blitzeinschlag-Messungen in Freileitungen. ETZ 72 (1951) H. 7, S. 191.

<sup>3</sup> In Neubearbeitung.

### c) Überspannungsschutz

Zum Schutze hochwertiger Anlagenteile gegen atmosphärische Überspannungen ist der Einbau von Überspannungsableitern dringend zu empfehlen. Dies gilt insbesondere für Anlagen von Reihe 1 bis einschließlich Reihe 60, bei denen ausreichend niedrige Ausbreitungswiderstände der Mastenden mit wirtschaftlichem Aufwand schwer zu erreichen sind.

Um die Schutzwirkung von Überspannungsableitern zu gewährleisten, sind diese räumlich so nahe wie möglich neben den zu schützenden Betriebsmitteln anzuschließen. Dabei ist darauf zu achten, daß die Erdungsklemmen der Überspannungsableiter durch eine möglichst kurze Leitung mit dem geerdeten Gehäuse der zu schützenden Betriebsmittel verbunden werden.

Bei Freileitungen für Betriebsspannungen bis etwa 60 kV ohne Erdschutz auf der gesamten Strecke kann durch Einbau von Rohrableitern in die Freileitung eine wesentliche Schutzwirkung erreicht werden.

d) Einbau von nichtdurchschlagbaren Isolatoren  
Da die Isolatoren einer Anlage durch die Steilheit und die Höhe der atmosphärischen Überspannungen stark auf Durchschlag beansprucht werden, empfiehlt sich in gewitterreichen Gegenden der Einbau nichtdurchschlagbarer Isolatoren.

### IV. Nachweis des Isoliervermögens gegen Spannungsbeanspruchungen von Betriebsfrequenz

#### § 15

#### Nachweis der Stehwechselfspannung

a) Die Isolation von Betriebsmitteln ist im trockenen, fabriktuenen Zustand einer Stückprüfung mit den Werten der Prüfwechselfspannung nach Tafel 1 bzw. 2 zu unterziehen. Diese Werte stimmen mit den Werten der geforderten Stehspannung überein und betragen etwa 90% der verlangten Überschlag-Wechselfspannung.

Bei nichtdurchschlagbaren Freileitungsisolatoren kann auf diese Stückprüfung verzichtet werden.

b) Isolatoren von Freileitungen und Freiluftanlagen sind außerdem im berechneten Zustand [siehe § 18 f)] einer Typenprüfung mit den Werten der Prüfwechselfspannung nach Tafel 1 bzw. 2 zu unterziehen.

c) Für die Zuordnung der Prüfwechselfspannungen zu den einzelnen Reihen- spannungen werden folgende Isolationsgruppen unterschieden:

Gruppe A: Offene Trennstrecken von Trennern, Trennlaschenanordnungen, Leistungstrennern und Sicherungshaltern (VDE 0670).

Gruppe B: Isolatoren für Fahrleitungen und Freileitungen in Wechselstrom-Bahnanlagen mit einem starr geerdeten Außenleiter (VDE 0115).

Gruppe C: Freileitungsisolatoren (VDE 0446), Hochspannungsgeräte (VDE 0670), Gehäuse von Überspannungsschutzgeräten (VDE 0675), Kondensatoren (VDE 0560, nur Belag gegen Gehäuse oberhalb Reihe 10), Kurzschlußdrosselspulen (VDE 0532), Meßgeräte (VDE 0410), Wandler (VDE 0414).

Gruppe D: Transformatoren (VDE 0532) (auch solche für elektrische Triebfahrzeuge, VDE 0535), einpolig geerdete Wandler (VDE 0414), Wechselstrom-Schalt- und -Steuergeräte (VDE 0660), Kondensatoren (VDE 0560 Belag gegen Gehäuse bis einschließlich Reihe 10) und Stromrichter (VDE 0555).

Gruppe E: Kondensatoren (VDE 0560 Belag gegen Belag), Kabel (VDE 0255) und isolierte Starkstromleitungen (VDE 0250), (soweit sie nicht auf Grund der einschlägigen VDE-Bestimmungen mit Gleichspannung geprüft werden müssen).

d) Für die Isolation von Betriebsmitteln, die zur Verwendung in Anlagen mit nicht starr geerdetem Sternpunkt bestimmt sind, gelten die Prüfwechselfspannungen der Tafel 1 (normale Isolation).

e) Für die Isolation von Betriebsmitteln, die zur Verwendung in Anlagen von 1 kV und darüber mit einem starr geerdeten Außenleiter bestimmt sind, gilt als Prüfwechselfspannung der nächsthöheren Reihenspannung nach Tafel 1 zugeordneter Wert (erhöhte Isolation), hiervon sind Betriebsmittel auf Triebfahrzeugen ausgenommen.

f) Für die Isolation von Betriebsmitteln, die zur Verwendung in Anlagen von 110 kV und darüber mit starr geerdetem Sternpunkt bestimmt sind, gelten die Prüfwechselfspannungen nach Tafel 2, und zwar für die Isolationsgruppen A, C, D nach c) (verringerte Isolation). Zur Kennzeichnung der Isolation dieser Betriebsmittel ist der die Reihe bezeichnende Zahlenwert mit dem Zusatz E zu versehen.

g) Bei der Bemessung der äußeren Isolation von Freiluftanlagen und Freileitungen ist noch auf die bei Verschmutzung, Tau und Nebel vorliegenden Betriebsverhältnisse Rücksicht zu nehmen.

h) Für die Isolation von Sternpunktleitungen gilt:

1. bei Erdung des Sternpunktes über Widerstände, Drosselspulen u. dgl. der der betreffenden Reihenspannung zugeordnete volle Wert der Prüfwechselfspannung nach Gruppe C, Tafel 1.

2. bei starrer Erdung des Sternpunktes 1/10 des der betreffenden Reihenspannung zugeordneten Wertes der Prüfwechselfspannung nach Gruppe D.

#### § 16

#### Nachweis der Sicherheit gegen Überschlag und Durchschlag

a) Bei Isolatoren und Betriebsmitteln mit Isolatoren ist durch eine Typenprüfung nachzuweisen, daß die Überschlag-Wechselfspannung mindestens 10% über den in § 15, Tafel 1 und 2 angegebenen Werten der Prüfwechselfspannung liegt.

b) Bei Isolatoren für Freileitungen und Freiluftanlagen ist dieser Mindestwert der Überschlagspannung auch in berechnetem Zustand nachzuweisen.

c) Bei Betriebsmitteln, denen eine niedrigere Prüfspannung zugeordnet ist, als dem zugehörigen Isolator, darf die Typenprüfung unter a) am Isolator getrennt vorgenommen werden. Bei Kabelverschleiß ist die Überschlagprüfung gemeinsam mit einem kurzen Kabelstück vorzunehmen.

d) Mit der Prüfung nach a) bis c) gilt der Nachweis der Sicherheit gegen Durchschlag als erbracht.

#### § 17

#### Nachweis des Isoliervermögens in verschmutztem Zustand

Bei Isolatoren für Freileitungen und Freiluftanlagen ist das Isoliervermögen in verschmutztem Zustand durch eine Modellprüfung nach VDE 0448/V.40<sup>4</sup> nachzuweisen.

<sup>4</sup> In Neubearbeitung.

Tafel 1

Prüfwechselfspannung für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 1 kV und darüber bei nicht starr geerdetem Sternpunkt (normale Isolation)

1 Reihe	2 Reihenspannung $U_r$ kV	3 Höchstzulässige Betriebsspannung $U_b$ kV	4 Prüfwechselfspannung $U_p$ in kV für Isolationsgruppen				
			A	B	C	D	E
1	1	1,15	15	—	10	3,5	—
3	3	3,5	30	33	27	10	6
6	6	7	40	40	33	20	11
10	10	11,5	53	50	42	30	17
15*	15	17,5	—	64	53	40	25
20	20	23	86	75	64	50	33
30**	30	35	119	100	86	70	48
45***	45	52	169	—	119	90	70
60	60	70	218	—	152	120	90
110	110	125	383	—	262	220	—
150	150	170	515	—	350	300	—
220	220	250	745	—	505	440	—

- \* Nur für Fahr- und Freileitungen nach Gruppe B, Freileitungen nach Gruppe C und Transformatoren nach Gruppe D.
- \*\* Reihe 30 auch für bestehende Netze mit 35 kV Nennspannung vorläufig zugelassen.
- \*\*\* gilt auch für die Freileitungsisolations in bestehenden 50 kV-Netzen, jedoch nicht für Neuanlagen.

Tafel 2

Prüfwechselfspannung für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 110 kV und darüber bei starr geerdetem Sternpunkt (verringerte Isolation)

1 Reihe	2 Reihenspannung $U_r$ kV	3 Höchstzulässige Betriebsspannung $U_b$ kV	4 Prüfwechselfspannung $U_p$ in kV für Isolationsgruppe		
			A	C	D
110 E	110	125	305	210	175
150 E	150	170	415	280	240
220 E	220	250	595	405	355
300 E	300	330	810	545	480
380 E	380	400	1050	750	640

§ 18

Ausführung der Wechselfspannungsprüfungen

- Prüfanlage**  
Prüf-Generator und -Transformatoren müssen VDE 0442 „Leitsätze für die Ausführung von Hochspannungsprüfungen mit Wechselfspannungen“ entsprechen.
- Prüfanordnung**  
Bei der Aufstellung der Prüflinge ist das elektrische Feld möglichst dem betriebsmäßigen Zustand anzupassen, insbesondere sind betriebsmäßig geerdete Teile auch während der Prüfung zu erden.
- Frequenz der Prüfspannung**  
Wechselfspannungsprüfungen nach § 15 und 16 sind unabhängig von der Betriebsfrequenz am Verwendungsort bei Betriebsmitteln mit voller Isolation mit 50 Hz, bei Betriebsmitteln mit abgestufter Isolation (z. B. Wicklungen von Transformatoren, Drosselspulen, Spannungswandlern) nach Bedarf mit höherer Frequenz durchzuführen.
- Spannungssteigerung**  
Die Spannung ist, beginnend mit dem halben Wert der Prüfspannung, stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens 5% der Prüfspannung, jedoch nicht schneller als in 10 s auf diesen Wert zu steigern. Dabei dürfen unterhalb 80% der Prüfspannung noch keine Gleitfunken auftreten. Bei Überschlagsprüfungen ist die Spannung vom Wert der Prüfspannung schnell auf den Überschlagswert zu steigern.
- Dauer der Prüfspannung**  
Die Dauer, während der die volle Prüfspannung einwirken soll, beträgt 1 min, sofern nicht in den einschlägigen VDE-Bestimmungen längere Zeiten vorgeschrieben sind. Beispielsweise beträgt für Durchführungen aus Faserstoffen oder für keramische Werkstoffe mit Vergußmasse- oder Ölfüllung nach VDE 0670, § 36 b) die Dauer der Prüfung 5 min. Das gleiche gilt z. B. auch für die Windungsprüfung von Transformatoren und Spannungswandlern.
- Prüfung unter Regen**  
Isolatoren für Freileitungen und Freiluftanlagen sind mit Wasser zu beregnen, das eine Leitfähigkeit von  $100 \mu S cm^{-1} \pm 10\%$  haben soll. Dieser Wert ist nötigenfalls durch Mischung von destilliertem Wasser und Leitungswasser herzustellen. Die Einfüllrichtung des Wassers soll  $45^\circ$  gegen die Senkrechte, die Regenstärke 3 mm/min betragen. Vor Beginn der Prüfung sind die Isolatoren im spannungslosen Zustand 5 min lang zu beregnen.

Tafel 3

Isolationspegel für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 1 kV und darüber bei nicht starr geerdetem Sternpunkt (normale Isolation)

1 Reihe	2 Reihenspannung $U_r$ kV	3 Höchstzulässige Betriebsspannung $U_b$ kV	4 Isolationspegel		6 50%-Überschlag-Stoßspannung kV	7 Oberer Isolationspegel
			Unterer Isolationspegel Schutzpegel der Ventilableiter	Mittlerer Isolationspegel Steh-Stoßspannung 1 50		
1	1	1,15	5	20	22	25
3	3	3,5	13	40	45	50
6	6	7	26	60	67	75
10	10	11,5	44	80	89	100
(15)	(15)	(17,5)	(60)	(100)	(110)	(125)
20	20	23	80	125*	140	160
30	30	35	125	170*	190	220
45	45	52	185	235*	260	290
60	60	70	245	300*	335	370
110	110	125	415	505*	560	630
150	150	170	570	650	720	800
220	220	250	850	910	1010	1140

- \* Für Innenraumanlagen mit Reihenspannungen von 20 bis 110 kV kann vorläufig die Stehstoßspannung des mittleren Isolationspegels gleich dem Schutzpegel der Ventilableiter nach Spalte 4 gewählt werden.

Tafel 4

Isolationspegel für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 110 kV und darüber bei starr geerdetem Sternpunkt (verringerte Isolation)

1 Reihe	2 Reihenspannung $U_r$ kV	3 Höchstzulässige Betriebsspannung $U_b$ kV	4 Isolationspegel		6 50%-Überschlag-Stoßspannung kV	7 Oberer Isolationspegel
			Unterer Isolationspegel Schutzpegel der Ventilableiter	Mittlerer Isolationspegel Steh-Stoßspannung 1 50		
110 E	110	125	370	430	475	540
150 E	150	170	485	550	610	690
220 E	220	250	725	780	860	980
300 E	300	330	930	1000	1110	1260
380 E	380	400	1350	1600	1800	2040

V. Nachweis des Isoliervermögens gegen Gewitterüberspannungen

§ 19

- Höhe der Isolationspegel gegenüber Stoßspannung
- Zur Erfüllung der Forderungen nach § 13 müssen die Isolationspegel für Stoßspannungen  $\pm 1|50$  eingehalten werden, und zwar für:
    - Betriebsmittel, die zur Verwendung in Anlagen von 1 kV und darüber mit nicht starr geerdetem Sternpunkt bestimmt sind, die Isolationspegel nach Tafel 3 (normale Isolation).
    - Betriebsmittel, die zur Verwendung in Anlagen von 1 kV und darüber mit einem starr geerdeten Außenleiter bestimmt sind, der der höheren Reihenspannung zugeordnete Isolationspegel nach Tafel 3 (erhöhte Isolation).
    - Betriebsmittel, die zur Verwendung in Anlagen von 110 kV und darüber mit starr geerdetem Sternpunkt bestimmt sind, die Isolationspegel nach Tafel 4 (verringerte Isolation).
  - Bezüglich der Isolationspegel gilt:
    - der untere Isolationspegel als Schutzpegel der Ventilableiter
    - der mittlere Isolationspegel für die Isolation in Luft unter Spannung stehenden Leitern und Erde,
    - der obere Isolationspegel für Isolationen mit festem Leiter und unter Überdruck stehendem, gasförmigem Isoliermittel, an geschlossenen oder schwer zugänglichen Isolierstellen, an Unterbrechungsstellen von Trennern, Trennschaltern, Leistungstrennern und Sicherungshaltern sowie für die Isolation getrennter Netze gegeneinander.
  - In Anlagen, die nicht durch Überspannungsableiter geschützt werden sollen, sondern an geeigneter Stelle Schutzfunkenstrecken angebracht werden. Für Anlagen mit isoliertem oder induktiv geerdetem Sternpunkt muß der Isolationspegel dieser Schutzfunkenstrecken den Werten der Spalte 3 und 4 der Tafel 5, für Anlagen mit starr geerdetem Sternpunkt den Werten der Spalte 3 und 4 der Tafel 6 entsprechen. Die zugehörigen 50%-Durchschlag-Stoßspannungen sind in den Spalten 5 und 6 der Tafeln 5 bzw. 6 enthalten. Wenn die



lung der 50%-Durchschlag-Stoßspannung auf Schwierigkeiten stößt, gilt der Isolationspegel der Schutzfunkenstrecken als nachgewiesen, wenn die Schlagweite der Schutzfunkenstrecken bei isoliertem oder induktiv geerdetem Sternpunkt der Spalte 7 der Tafel 5, bei starr geerdetem Sternpunkt der Spalte 7 von Tafel 6 entspricht.

Tafel 5

Isolationspegel der Schutzfunkenstrecken für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 6 kV und darüber bei nicht starr geerdetem Sternpunkt (normale Isolation)

1	2	3		4		5	6	7
		Stehstoßspannung 1/50		50%-Durchschlag-Stoßspannung 1/50				
Reihen-spannung U <sub>r</sub>	Höchst-zulässige Betriebs-spannung U <sub>b</sub>	pos.	neg.	pos.	neg.	Schlagweite der Schutz-funkenstrecke	mm	
		kV	kV	kV	kV			
6	7	57	60	63	67	60		
10	11,5	76	80	84	89	95		
(15)	(17,5)	(95)	(100)	(105)	(110)	(120)		
20	23	120	125	132	140	155		
30	35	150	170	165	190	220		
45	52	200	235	220	260	305		
60	70	250	300	280	335	400		
10	125	435	505	483	560	750		
50	170	570	650	630	720	1000		
20	250	795	910	885	1010	1450		

Tafel 6

Isolationspegel der Schutzfunkenstrecke für Betriebsmittel mit Reihenspannungen von 110 kV und darüber bei starr geerdetem Sternpunkt (verringerte Isolation)

1	2	3		4		5	6	7
		Stehstoßspannung 1/50		50%-Durchschlag-Stoßspannung 1/50				
Reihen-spannung U <sub>r</sub>	Höchst-zulässige Betriebs-spannung U <sub>b</sub>	pos.	neg.	pos.	neg.	Schlagweite der Schutz-funkenstrecke	mm	
		kV	kV	kV	kV			
10	125	370	430	410	475	620		
50	170	485	550	535	610	830		
20	250	675	780	750	860	1210		
30	330	880	1000	975	1110	1600		
40	400	1400	1600	1550	1800	2650		

§ 20

Nachweis des unteren Isolationspegels  
Der untere Isolationspegel (Schutzpegel für Ventilableiter nach Tafel 4, Spalte 4) ist gemäß den Regeln VDE 0675<sup>1</sup> nachzuweisen.

§ 21

Nachweis des mittleren Isolationspegels  
Zum Nachweis des mittleren Isolationspegels ist durch eine Typenprüfung mit der Stoßspannung 1/50 µs positiver oder negativer Polarität nach VDE 0450 die Stehstoßspannung der Anordnung zu ermitteln. Zu diesem Zweck sind auf dem Prüfling Stoßspannungen zu geben, deren Scheitelwert mit den nach Tafel 3 bzw. 4, Spalte 5 geforderten Stehstoßspannungen übereinstimmt. Die Prüfung gilt als bestanden, wenn entweder bei 5 Stößen kein Überschlag auftritt oder bei 5 Stößen ein Überschlag, bei weiteren 5 Stößen dagegen kein Überschlag mehr auftritt.

Bei Betriebsmitteln, denen eine niedrigere Prüfwechselfspannung zugeordnet ist als dem zugehörigen Isolator, darf die Typenprüfung unter am Isolator getrennt vorgenommen werden.

§ 22

Nachweis des oberen Isolationspegels  
Der obere Isolationspegel von Betriebsmitteln (mit Ausnahme der in b) genannten), deren Isolation den Forderungen des § 19 b) genügen muß, kann durch folgende Typenprüfung nachgewiesen werden. Auf dem Prüfling sind 6 Spannungsstöße negativer Polarität in folgender Reihenfolge zu geben:

2 Stoßspannungen, deren Scheitelwert 75% der in Tafel 3, Spalte 5, bzw. Tafel 4, Spalte 5 angegebenen Stehstoßspannungen beträgt (Einstellstoß).

2 Stoßspannungen, deren Scheitelwert mit den in Tafel 3, Spalte 7, bzw. Tafel 4, Spalte 7 angegebenen Stehstoßspannungen übereinstimmt, bei einer Einstellung der Schutzfunkenstrecke entsprechend Spalte 7 der Tafel 5 bzw. 6; hierbei darf die Schutzfunkenstrecke durchgeschlagen (Prüfung mit abgeschnittener Welle).

In Neubearbeitung.

2 Stoßspannungen, deren Scheitelwert mit den in Tafel 3, Spalte 5 bzw. Tafel 4, Spalte 5 angegebenen Stehstoßspannungen übereinstimmt, wobei die Schutzfunkenstrecke so einzustellen ist, daß sie nicht durchschlägt (Vollwellenprüfung).

Bei dieser Prüflfolge darf kein Durchschlag im Innern des Betriebsmittels erfolgen.

b) Soweit Stoßprüfungen an größeren Gegenständen, wie Transformatoren, Kondensatoren u. dgl. zwischen Hersteller und Abnehmer vereinbart werden, dürfen diese Prüfungen am Modell entsprechend a) durchgeführt werden.

## SITZUNGSKALENDER

- Berlin: EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
22. 11. 51, 18.15, Technische Universität, Berlin-Charlottenburg, Hardenbergstraße 34, Hörsaal EB 301: „Die Isolierstoffe in der Elektrotechnik: Ihre Prüfung und Bewertung“, Dipl.-Ing. H. Suhr, Berlin.
- Bielefeld: VDE-Bezirk Westfalen-Ost, Bielefeld, Wilh. Bertelsmannstr. 8  
28. 11. 51, 16.00, Haus der Technik: „Die maschinelle Aufnahme und Auswertung von Zähl- und Meßgrößen für Zwecke der Rationalisierung und Forschung“, Dir. Ferrari.
- Erlangen: ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
23. 11. 51, 19.30, Physikalisches Institut Erlangen: „Meßgeräte für die Fernmeldetechnik“, Obering. H. Gg. Thilo, München.
- Frankfurt: VDE-Bezirksverein Frankfurt a. M., Gutleutstr. 280  
29. 11. 51: „Die maschinelle Aufnahme und Auswertung von Zähl- und Meßgrößen für Zwecke der Rationalisierung und Forschung“, Dir. Ferrari.
- Freiburg: ETV Südbaden, Freiburg i. Br., Günterstalstr. 19  
30. 11. 51, 20.00, Gaststätte Alte Burse: „Neue Anwendungsgebiete des Hochspannungs-Selengleichrichters“, Dr. Renner.
- Hannover: ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70  
20. 11. 51, 18.00, Technische Hochschule, Hörsaal 42: „Strom- und Spannungswandler für Meß- und Schutzrichtungen unter Berücksichtigung der Neuentwicklung nach dem Kriege“, Obering. Raupach.
4. 12. 51, 18.00, Technische Hochschule, Hörsaal 42: „Der Drehstrom-Nebenschluß-Motor für Regelantriebe in verschiedenen Industrien“, Dipl.-Ing. Waeber.
- Köln: VDE-Bezirk Köln, Köln-Riehl, Amsterdamer Str. 192  
23. 11. 51, 17.30, Haus der Technik: „Heutiger Stand der Fernsteuertechnik“, Dr. Henning, Berlin.
- München: ETV München 5, Blumenstr. 28  
29. 11. 51: Exkursion nach Augsburg, Besichtigung des Dampfkraftwerkes Gersthofen der Lech Elektr. Werke AG., anschließend Vortrag „Heutiger Stand der Selektivschutztechnik“, Obering. Dipl.-Ing. Neugebauer, Erlangen.
- Nürnberg: ETG Nürnberg, Sandrartstr. 30  
27. 11. 51, 19.30, Vortragssaal im German. Museum: „Über die Speisung von Sendeantennen (Hochfrequenzenergiekabel)“, Dr. L. Krügel, Nürnberg.
11. 12. 51, 19.30, Vortragssaal im Germ. Museum: „Die neuere Entwicklung der Innenraumbeleuchtung“, Dipl.-Ing. Kirchner, Berlin.
- Wuppertal: VDE-Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld, Neumarktstr. 52  
11. 12. 51, 20.00, Vortragssaal der Stadtbücherei, W.-Elberfeld, Kasinogartenstraße: „Das Lichtblitz-Stroboskop mit Experimenten“, Dr. Hermann.
- Berlin: Technische Universität Berlin-Charlottenburg, Außeninstitut  
4. 12. 51, 18.00, Hörsaal EB 301: „Sendertechnik“, Dr. W. Runge, Berlin.
11. 12. 51, 18.00, Hörsaal EB 301: „Fernsehen — Gefahr oder Bereicherung unseres Daseins“, K. Wagenführ, Hamburg.
- Wuppertal: Technische Akademie Bergisch Land, Wpt.-Vohw., Rubenstr. 4  
3. 12. bis 7. 12. 51: „Dampfesselschäden“, Dr.-Ing. F. Dümmler, J. Leick, Dr. F. Genter, Dipl.-Ing. K. Späth, Dipl.-Ing. K. Baatz, Dipl.-Ing. W. Reinhard.
3. 12. bis 7. 12. 51, 14.15, Wuppertal-Vohwinkel, Gräfrather Str. 15 (Evgl. Gemeindehaus): „Schäden an Dampfturbinen und ihre Lehren“, Dr.-Ing. E. J. Pohl.

## PERSONLICHES

**W. Friedrich t.** — Am 21. Juli ist im 68. Lebensjahr Gewerbeschuldirektor i. R. Wilhelm Friedrich, langjähriges Mitglied des VDE-Bezirks Westfalen-Ost, gestorben. Nach einer Tätigkeit in einem bekannten industriellen Betrieb und im Patentamt Berlin hat Friedrich in mehreren Städten Deutschlands als Handels- und Gewerbelehrer, zuletzt als Gewerbeschuldirektor in Bielefeld, gewirkt. Friedrich ist als Fachschriftsteller und Herausgeber der Tabellenbücher, die eine Millionenaufgabe erlebten, in weiten Kreisen der Technik bekannt geworden. 1949 wurde ihm die goldene Ehrennadel des VDI verliehen. of

**Hochschulnachrichten.** — Der apl. Professor Dr. Gerd Burkhardt, Universität Freiburg i. Br., hat einen Ruf auf den ordentlichen Lehrstuhl für theoretische Physik an der Technischen Hochschule Hannover erhalten und angenommen. of

Dr.-Ing. Karl Kollmann wurde mit Wirkung vom 1. Oktober 1951 an unter Berufung in das Beamtenverhältnis auf Lebenszeit zum planmäßigen ordentlichen Professor für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau an der Techn. Hochschule Karlsruhe ernannt.

**Jubiläen.** — In Kürze kann die Deutsche Philips GMBH. auf ihr 25jähriges Bestehen zurückblicken. Die Gesellschaft wurde am 18. 11. 1926 gegründet und beschäftigt heute fast 10 000 Arbeiter und Angestellte in Fabriken und Niederlassungen in 24 westdeutschen Städten und in Berlin. *Fi*

Die Duisburger Kupferhütte kann am 1. November 1951 auf ihr 75jähriges Bestehen zurückblicken. Sie wurde im Jahre 1876 von 10 westdeutschen Schwefelsäurefabriken gegründet mit der Aufgabe, die nach der Abrüstung des Schwefelkieses zurückbleibenden Abbrände aufzuarbeiten. Heute verarbeitet das Werk 1,2 Mio. t Abbrände im Jahr und damit 50% mehr als in der Vorkriegszeit. *Fi*

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.311.1 (436)

**Die Rolle Österreichs in einem europäischen Verbundnetz.** (Das Spine-Netz). Von Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Günter Oberdorfer. Mit 27 S., 3 Taf., Format 13×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1950. Preis kart. 4,80 DM.

Der Verfasser geht von der richtigen Auffassung aus, daß zur Energieversorgung Europas dessen Wasserkräfte über das durch rein örtliche Rentabilitätsrechnungen gegebene Maß hinaus voll ausgebaut werden und Wärmekraft, möglichst aus geringwertiger Kohle, nur zum Ausgleich und zur Sicherung der Grundversorgung wasserarmer Länder verwendet werden soll. Dementsprechend stellt er für einen Zeitpunkt in 30... 50 Jahren in einer Energiebilanz den Energiebedarf der einzelnen Länder dem Leistungs- und Arbeitsvermögen ihrer Wasserkräfte gegenüber. Auf Grund der so abgeschätzten Überfluß- und Fehlbeträge wird ein überlagertes Gleichstrom-Höchstspannungsnetz (Spine-Netz) skizziert. Es ergibt sich, daß Österreich von den beiden großen Wasserkraftgebieten das zwar kleinere, aber zum Verbrauch näher gelegene und infolge seiner zentralen Lage zum Ausgleich zwischen Nord, Süd und Nordost als eine Art Sammelschiene Europas geeignete ist.

Der Verfasser weist immer wieder darauf hin, wie ungleichartig und unvollständig die vorhandenen Unterlagen noch sind. Diese Hinweise gestalten die kleine Schrift geradezu zu einem Arbeitsprogramm für die Planung der europäischen Verbundwirtschaft. *W. Pauly*

DK 621.315.611 (023.3)

**Die festen Isolierstoffe der Elektrotechnik** als Bau- und Austauschstoffe. Von Walter Demuth. Mit 233 S., 99 B., Format DIN A 5. Otto Meißners Verlag, Schloß Bleckede/Elbe 1951. Preis Glw. 24,— DM.

Das Büchlein — entstanden nach einer Vortragsreihe vor dem Hamburger Bezirksverein des VDI — behandelt in bewußter Beschränkung, oft anekdotisch untermalt, aus dem reichen Erfahrungsschatz des Verfassers die festen Isolierstoffe für den Geräte- und den Außenbau bei Schwachstrom, Starkstrom, Hochspannung und Hochfrequenz. Nach einem einleitenden historischen Abschnitt, in dem der Leser übrigens staunend erfährt, daß Preßspan heute als Werkstoff für die Elektrotechnik „als fast überholt“ zu bezeichnen ist, nehmen einen breiten Raum die keramischen Werkstoffe ein. Dieser Abschnitt vermag dem Werkmeister und angehenden Konstrukteur manche wertvollen Hinweise für seine Arbeit zu geben. Ein weiterer, wesentlich kleinerer Abschnitt über Isolierstoffe auf natürlicher Grundlage ist weniger geglückt. Schließlich folgt noch ein kurzer Abschnitt über Silicone; er kann leider in der vorliegenden Form zu Fehlschlüssen bei dem Leser führen und wäre besser unterblieben. Noch eine kleine Anmerkung: Dr. Pfesdorff, der sehr häufig namentlich zitiert ist, schreibt sich Pfestorf. *R. Strigel*

DK 621.395.7 (023)

**Fernämter.** Von Dipl.-Ing. Hans Rjosk. (I. d. Rh. Fernsprechtechnik). Mit 200 S., 117 B., 4 Taf., Format 15×23,5 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis Hw. 15,— DM.

Die Bücherreihe Fernsprechtechnik, herausgegeben von F. Lubbecker und E. Hettwig, gehört bereits durch erschienenen Bände zu den besten Werken der einschlägigen Fachliteratur. Auch der vorliegende Band, bearbeitet von H. Rjosk, zeichnet sich durch klare Beherrschung des Stoffes, ausgezeichnete Gliederung und Darstellung in Bild und Schema aus. Ausgehend von der künftigen Netzgestaltung für das Fernverkehrsnetz einerseits zur Eingliederung in den Weltverkehr, andererseits in das neu geplante Landesverkehrsnetz erfolgt die Netzaufteilung unter Beschreibung der verschiedenen Leitungswege und der Übertragungsverhältnisse an diesen, einschließlich der neuesten Trägerfrequenzsysteme. Der folgende Abschnitt zeigt die Verkehrsverhältnisse an diesem Netz, die Gesprächsarten und ihre Abwicklung, Melderückrufverkehr, Sofortverkehr, Überweisungsverkehr und halbselbsttätigen Schnellverkehr einschließlich des notwendigen Dienstverkehrs zwischen den Fernplätzen.

Der vierte Abschnitt behandelt die Betriebsvorgänge an den Fernplätzen, Anrufe, Anrufverteilung, Anrufweiterleitung mit Ausführungsbeispielen des In- und Auslandes, die Gliederung der Münzfernsprecher, weiter den Abfragebetrieb, die Prüfung der anrufenden Nummer, gezeigt durch eine typische Ausführung und einen deutschen Vorschlag, die Sprechstimmkennzeichnung in akustischer und optischer Form sowie das Umkehrverfahren: die Freilampenschaltung. Für die verschiedenen Gesprächsarten wird die unterschiedliche Behandlung im Ortsfernleitungswähler bzw. im Schnell- und Schnellwahlverkehr gezeigt, einschließlich der Regelkennzeichnungen die Betriebszustände über die Sprechstimm melden. Die Verbindungsherstellung im Fernwählnetz, insbesondere in der Fernwahl mit Tastenzahlengabe ist für die verschiedenen Wählmöglichkeiten übersichtlich dargestellt samt den möglichen Formen der Durchgangsschaltung für die verschiedenen Leitungsarten. Rufen, Gesprächsbeginn und Gesprächserfassung durch Gesprächszeitmesser, selbsttätige Vielfachzählung und Zeitzonenzählung mit Angabe der anfallenden Gebühren im sog. Gebührenanzeiger, der Schutz Einrichtung sind klar und erschöpfend gebracht.

Es folgt die Beschreibung zunächst der Schnurfertigkeit mit den historischen Bauformen ZB 10, F 27, F 36. Von schnurlosen Fernämtern bringt der folgende Abschnitt die Tischfernämter, Bauweise Berlin-Mannheim, sowie die Fernämter bayerischen Ausführungen Schienenfernämter und Schienenfernämter. An ausländischen Ausführungen wird Fernämterstadt, gebaut von Siemens-Brothers und Monroe der Art beschrieben. Es folgt die Behandlung der besonderen Einrichtungen, wie Meldeplätze, Fernvermittlungsplätze, Fern- und Sammelpunkte, Auskunftsplätze mit Anzeigefeldern, Überwachung des Betriebszustandes, Klinken, Schalter, Prüfchränke, Zettelförderanlagen, letztere ausschließlich durch Rohrpost. Für den Bau der Fernämter wird die Leitungsführung über die verschiedenen Räume, an den Wählgeräten und der Aufbau der Sicherungs- und Relaisstellen beschrieben. Reichliches Bildmaterial zeigt die Ausführung in den Schränken, die Fernschrankaufstellungen als übliche Belegung der Schrankarten.

In dem folgenden Abschnitt der Landesfernwahl wird das Buch auf die zukünftige Gestaltung über, bringt die für Vierdrahtdurchschaltung ausgeführte Schnurfertigkeit und dann das neueste von Siemens vorgeschlagene Schnellwahlfernämter für das künftige deutsche Netz. Hierbei ist zu beachten, daß der Gedanke des Stickleitungsfernämtes ersetzt durch eine Führung über die Verbindungssätze des Fernplatzes einer sog. Einschleifung gleichkommt und die Mischleistung für die Anrufverteilung als dauernde Belastung in dem Teil der durchzuschaltenden Fernverbindung besteht. Trennung zwischen den als Relaisätze ausgeführten Schaltgliedern und den sie steuernden Schlüssel des Fernamtes ist durchgeführt, doch sind keine Mittel gezeigt, die die Anwendung automatischer Gebührenerfassung die Abrechnung des Fernplatzes und seines Verbindungssatzes gestattet. Der letzte Abschnitt behandelt für die Planung der Fernverkehrsnetze die Verkehrsplanung und Vermittlungsleistung, die Darstellung von Schrank- und Raumbedarf. Die ausgearbeiteten Schaltbilder und Lichtbilder, die in dem Buch gezeigt werden, stützen sich überwiegend auf Bauformen der Firma Siemens & Halske. Wertvoll ist ein reiches Schrifttumverzeichnis und Sachverzeichnis. *M. H. H.*

DK 621.595.34 (022.2/3)

**Fernsprech-Wählanlagen.** Von Dr.-Ing. habil. E. Hettwig. (f. d. Rh. Fernsprechtechnik). 3., erw. Aufl. Mit 484 S., 262 B., 15 Taf., Format 15×23,9 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1950. Preis Hlw. 38,— DM.

Das Buch stellt den ersten Band einer Buchreihe dar, die in zwangloser Reihenfolge vom Verlag R. Oldenbourg herausgegeben werden soll. Durch das Erscheinen des neuen „Hettwig“ konnte eine Lücke in der Fachliteraturreihe geschlossen werden.

Gegenüber der zweiten Auflage aus dem Jahre 1940 hat das Buch erheblich an Umfang gewonnen. Mit außerordentlichem Geschick ist es dem Verfasser gelungen, das umfangreiche Gebiet der Wähltechnik so zu behandeln, daß das Buch als Lehrbuch für den Studierenden ebenso wie als Nachschlagewerk vom Spezialisten begehrt wird.

Nach einer Einführung in die Wähltechnik behandelt der Verfasser die wichtigsten Bauteile eines Wählersystems, wobei neben einer eingehenden Besprechung der deutschen Wähltechnik auch ein Überblick über die Wählerbauarten des Auslandes gegeben wird. Die unerläßlichen Forderungen und Vorgänge werden klar und erschöpfend besprochen und in Hand einer grundsätzlichen Schaltung eines Wählersystems mit dekadischem Aufbau wird in einfacher Weise eine praktische Ausführungsform gebracht. Gerade dieser Abschnitt zeigt, daß es möglich ist, ohne ermüdende Einzelbeschreibung dem Fernerstehenden das Wesentliche der Schaltungstechnik nahezubringen und doch alles zu sagen, was zu sagen ist.

In den Abschnitten „Fernsprechverkehr“ und „Gruppierung“ setzt sich der Verfasser mit dem oft schwierig empfundenen und daher gern gemiedenen Gebiet der Berechnung des Wählerbedarfs, der Gruppierung und Mischung klar und leicht verständlich auseinander. Es wird ein Beispiel zur Berechnung eines Wähleramtes gebracht.

Aufbauend auf die eingehend behandelte Ortstechnik wird der Leser mit den Entwicklungsstufen des interurbanen Verbindungsverkehrs bekannt gemacht, die verschiedenen Möglichkeiten der Technik des Fernwählverkehrs werden besprochen.

Nach einem Kapitel über Gemeinschaftsanschlüsse und einer Besprechung über Nebenstellenanlagen wird abschließend der Aufbau von Ämtern und Zentralen behandelt.

Das Buch zeichnet sich durch leicht verständliche Darstellung und klare Definitionen aus. Die zahlreichen Abbildungen sind übersichtlich und geschickt angeordnet. Im Ganzen gesehen zeigt das Werk eine meisterhafte Beherrschung des Stoffes.

G. Seelmann-Eggebert

DK 621.5.011.1 (025.2)

**7 Formeln.** Zur Vorbereitung für die Meisterprüfung im Elektrohandwerk. Von Benedikt Gruber. Mit 126 S., 5 B., Format 11×18 cm. Verlag von R. Oldenbourg, München 1951. Preis kart. 4,— DM.

Es ist tatsächlich so, daß man mit den angegebenen 7 Formeln fast alle Aufgaben lösen kann, die in der täglichen Praxis auftreten. Die vorliegende Aufgabensammlung bietet in dem Buch „7 Formeln genügen“ den nötigen Übungsstoff. Die Gliederung in 3 Gruppen (A mit Lösung, B mit Wegweiser, C nur Aufgabenstellung) führt in geschickter Weise zum selbständigen Arbeiten. Deshalb sind die Lösungen am Schluß gesetzt, um die Selbstkontrolle zu fördern. Zu begrüßen sind auch die Schaltungsaufgaben, und originell die kleine „Meisterprüfung“ zum Schluß. Die Sammlung kann mit Nutzen verwendet werden und ist daher zu empfehlen.

G. O. Fischer

DK 620.91 (003)

**Inhaltszahlen über den Elektrizitäts-, Kraft- und Wärmebedarf der Industrie.** Bearb. von W. Schöll, unter Mitwirkung von W. Mackenthun und H. Masukowitz. Mit 400 S., zahlr. Taf., Format DIN A 4. Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke GmbH, Frankfurt M., Bockenheimer Landstr. 109. Preis Glw. 36,— DM.

Wenn heute die Lehre der Energiewirtschaft an den deutschen technischen Hochschulen nach ausländischem Vorbild mehr und mehr Anerkennung findet, wenn sich gleichzeitig die interessierten Fachkreise in einer „Deutschen Gesellschaft für praktische Energiekunde“ zu fachlichem Gedankenaustausch — losgelöst von jeglichen Sonderinteressen — zusammenschließen, so mag dies ein äußerlicher Beweis für die Bedeutung dieses Wissenszweiges sein. Es muß deshalb besonders anerkannt werden, wenn die Vereinigung

Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) sich entschloß, ein Tabellenwerk herauszugeben, das auf langjährig gesammeltem Material basiert und Inhaltszahlen für den Energie- und Stoffbedarf der wichtigsten Industriezweige wiedergibt. Nur die umfangreiche Sammlung einer Wirtschaftsvereinigung konnte diese gewaltige Aufgabe lösen helfen und Quellenmaterial der Öffentlichkeit vermitteln, das zum Teil überhaupt nicht zugänglich ist oder sogar im allgemeinen durch die Kriegsereignisse verloren ging.

Wirtschaftler und Wissenschaftler, Konstrukteure und Vertriebsfachleute, aber auch Statistiker und Behördenvertreter finden in übersichtlicher Ordnung wertvolles Zahlenmaterial in dem neuen Tabellenwerk.

Die Industriezweige und Sachgebiete sind nach einem Zehnersystem geordnet. In den einzelnen Abschnitten wird neben dem Verbrauch von Strom, Kohle, Wasser, Dampf und Luft auch der Bedarf an Kraft, Wärme, Roh- und Hilfsstoffen behandelt. Besonders wertvoll sind Angaben über Anschlußwerte, Leerlaufverluste, Einsatz- und Durchsatzmengen, Behandlungszeiten, Drucke, Temperatur usw.

Wärme- und Wirtschaftlichkeitsbilanzen und interessante Vergleiche von Energiearten runden das Bild ab.

Es muß anerkannt werden, daß die Technologie der verschiedenen Industrien als bekannt vorausgesetzt und das Schwergewicht auf die Bekanntgabe praktischer Betriebsergebnisse gelegt wird, wobei zum Teil auch auf ausländische, größtenteils aber auf inländische Fachliteratur und Betriebserfahrungen zurückgegriffen ist.

Gerade die komplexe Natur des bearbeiteten Stoffes und der verfügbaren Quellen haben wohl den Quellennachweis besonders schwierig gestaltet, so daß mancher Leser vielleicht einige Quellenangaben gelegentlich vermißt. In dieser Beziehung sollten die interessierten Fach- und Leserkreise dem Herausgeber bei der weiteren Vervollkommnung behilflich sein.

F. Lauster

DK 621.517.2 (022.2)

**Technische Lärmabwehr.** Von Werner Zeller. Mit 328 S., 257 B., 61 Taf., Format 16×24 cm. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart 1950. Preis Glw. 28,— DM.

Der Lärm — im weitesten Sinne des Wortes — greift heute so stark in unsere beruflichen und privaten Lebenskreise hinein, daß ein Buch über Lärmabwehr auch die Leser der ETZ interessieren dürfte. Das Buch wendet sich an Ingenieure, Architekten und darüber hinaus auch an interessierte Laien. Zur Einführung werden die notwendigen physikalischen und physiologischen Grundbegriffe, sondern auch die Wirkung von Lärm auf den Menschen und rechtliche Fragen behandelt. Nach einigen Hinweisen auf die Möglichkeiten der Schallentstehung folgt eine ausführliche Beschreibung der Meßgeräte und Meßmethoden, wobei das Schwergewicht auf die Arbeitsweise des Praktikers gelegt wird, der beweglich sein muß und kein Laboratorium mit auf Reisen nehmen kann.

Das Kapitel „Schalldämmstoffe“ behandelt den Einfluß des Materials auf die verschiedenen Probleme der Lärmabwehr. Wertvoll sind hierbei die zahlreichen Angaben über Bezugsquellen, Abmessungen und technische Daten der einzelnen Stoffe. Die Angaben über den Schluckgrad sind allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu behandeln, da das Meßverfahren im Hallraum in der bislang üblichen Form keineswegs befriedigt, worauf der Verfasser auch mit der nötigen Deutlichkeit hinweist.

Im letzten Abschnitt der „Grundlagen“ sind sodann die wichtigsten Konstruktionselemente und ihre Berechnungsunterlagen zusammengestellt, die für die Lärmabwehr von allgemeiner Bedeutung sind. Man findet hier Angaben über die schallschluckende Raumauskleidung, schalldämpfte Rohrleitungen, schalldämmende Wände usw., so daß sich auch der Nichtfachmann in einfachen Fällen schon selbst helfen kann.

Das zweite Kapitel mit der Überschrift „Lärmabwehr im Maschinenwesen“ bringt eine Fülle von eigenen Erfahrungen des Verfassers und von Literaturauszügen. Da gerade in der Geräuschbekämpfung bei Maschinen in den Betrieben noch viel zu viel probiert wird, kann ein sorgfältiges Studium der hier niedergelegten Erfahrungen sehr empfohlen werden. Auf Einzelheiten einzugehen, ist wegen der zahlreichen Probleme nicht möglich. Neben der Tatsache, daß man Angaben über alle Arten von Maschinen — von der Dampfmaschine bis zur Taschenuhr — findet, sei besonders auf die in zahlreichen Beispielen behandelte Lärmabwehr durch Betriebsorganisation hingewiesen.

Das letzte Kapitel ist dem Bauwesen gewidmet und beantwortet zuerst die Frage, welche Anforderungen an den Lärmschutz in den verschiedenartigsten Gebäuden zu stellen sind. Diese Berücksichtigung der wirtschaftlichen Seite der Lärmbekämpfung kann überhaupt als ein wesentlicher Vorzug des Buches bezeichnet werden.

Aus den vielen Versuchsergebnissen wird man entnehmen, daß unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Schalldämmung von Decken und Wänden noch keineswegs so wohl fundiert sind, wie man es sich für den Beginn einer neuen Bauperiode wünschen möchte. Voraussetzung für ihre Vertiefung ist deshalb die Schaffung einheitlicher Prüfvorschriften, die jetzt auf internationaler Basis in Angriff genommen wurde. Der Verfasser unterstützt diese Arbeit durch Abdruck der deutschen „Prüfvorschrift für die Bestimmung der Luftschalldämmung und der Trittschallstärke im Laboratorium und am Bauwerk“.

Wegen seiner großen sozialen Bedeutung ist dem Wohnungsbau der größte Teil des letzten Kapitels gewidmet. Darüberhinaus findet man aber auch zahlreiche Angaben für Fabrikbauten, Hotels, Krankenhäuser usw. Den Abschluß bilden eine Reihe sorgfältig durchgearbeiteter Beispiele aus der Beratungstätigkeit des Verfassers, die den großen Wert des Buches für den Praktiker noch einmal herausstellen.

A. Eisenberg

DK 65.011 (023.2)

**Vereinfachung der Industriellen Produktion.** Berichte einer englischen Studiumskommission über ihre Erfahrungen in USA und in England. Hrsg. Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft. Mit 36 S., Format 16×24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis kart. 1,50 DM.

Dieser Bericht einer englischen Sachverständigenkommission über Ergebnisse einer Studienreise nach USA verdient es, sehr aufmerksam gelesen zu werden. Die Probleme der Vereinfachung, der Normung und der Spezialisierung sind in gleicher Weise für die deutsche Wirtschaft aktuell, jedoch viel zu wenig beachtet zum Nachteil von Erzeuger und Verbraucher.

Besonders die Vereinfachung (Simplification), d. h. die Verringerung der Typenzahl und der Mannigfaltigkeit der Erzeugnisse steckt bei uns noch in den Anfängen. Hier können wir von den Amerikanern wirklich lernen. Der Bericht bietet in reicher Fülle Beispiele aus verschiedenen Produktionszweigen. Die Anregungen, die die britische Industrie inzwischen in die Praxis umgesetzt hat, sollten zum Nachdenken stimmen.

K. G. Hetzer

DK 621.941.1 (023.2)

**Innenräumen.** Von Dr.-Ing. A. Schatz. 3., umgearb. u. erw. Aufl. (H. 26 d. Werkstattbücher). Mit 58 S., 112 B., Format 15×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 3,60 DM.

Der Verfasser setzt sich in klarer, einfacher Darstellung und mit großer Sachkenntnis mit den grundlegenden Problemen des Innenraums auseinander. Er behandelt seine Anwendungsgebiete, die Gestaltung und den Einsatz der Werkzeuge und Vorrichtungen und die Maschinen in ihrem konstruktiven Aufbau und ihrem zweckentsprechenden Einsatz. Eine Betrachtung der beim Innenräumen häufigsten Fehler und die am Schluß angeführten Beispiele machen das Werk zu einem geschlossenen Ganzen.

Dieses Buch wird in seiner grundlegenden und erschöpfenden Behandlung dieses für die Serienfertigung so wichtigen Arbeitsgebietes all denen ein wertvoller Ratgeber sein, die sich mit diesem Problem zu befassen haben. Dem erfahrenen Betriebsmann wird es wertvolle Anregungen vermitteln.

O. Dietzmann

## Eingänge

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten.)

**Elektrische Maschinen.** Bd. 1: Allgemeine Berechnungselemente. Die Gleichstrommaschinen. Von Rudolf Richter. 2., verb. Aufl. Mit 630 S., 493 B., Format 16×23,5 cm. Verlag Birkhäuser, Basel 1951. Preis geb., Glw. 49,40 sfrs., brosch. 45,25 sfrs.

**Ausgewählte chemische Untersuchungsmethoden** für die Stahl- und Eisenindustrie. Von Chem.-Ing. O. Nietzold. 4., verb. u. verb. Aufl. Mit 134 S., Format 15×21 cm. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Göttingen 1949. Preis kart. 9,60 DM.

**Einführung in die Elektrotechnik.** Von Dipl.-Ing. H. Homberger (Westermanns Fachbücher der Elektrotechnik.) Mit 302 S., 277 B., Format 16×23,5 cm. Georg Westermann Verlag, Braunschweig, Berlin, Hamburg, Kiel 1951. Preis kart. 19,60 DM, Glw. 21,80 DM.

**Die Entlassung.** Stichworte zum Entlassungsschutz mit Kündigungsgesetz. Von Dr. H. G. Schmalitz. 5., umgearb. Aufl. Mit 324 S., Format 15,5×21 cm. Arbeitsrechts-Verlag, Hamburg 1951. Preis Glw. 13,80 DM.

**Dampfkessel und Feuerungen.** Ein Lehr- und Handbuch. Von Dr. habil. A. Zinzen. Mit 358 S., 170 B., 44 Taf., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis Glw. 31,50 DM.

**Classification des Ouvrages 1951—52.** Hrsg. Dunod. Mit 503 S., Format 13,5×21,5 cm. Verlag Dunod, Paris Sept. 1951.

**Fourier Transforms.** Von Ian N. Sneddon. Mit 542 S., 108 B., Format 15,5×24 cm. McGraw-Hill Book Company, New York, Toronto, London 1951. Preis Glw. 80.— sh.

**Situation of Electricity Industrie and Produktion of Heavy Equipment for Power Stations in the OEEC Countries.** Hrsg. Organisation for European Economic Co-operation, Paris 1951. Mit 33 S., 3 B., 8 Taf., Format 20×26 cm.

**Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie.** Titan (System 4). 8. neubearb. Aufl. Mit XII, 481 S., 100 B., Format 18×25,5 cm. Verlag Chemie, GmbH, Weinheim/Bergstraße 1951. Preis kart. 113.— DM.

**Leitfaden der Elektrotechnik.** Hrsg. Moeller-Werr. Bd. II, Teil 2: Wechselstrommaschinen. Von Dipl.-Ing. Th. Werr. Mit 176 S., 19 B., Format 16,5×23,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis geb. 9,20 DM.

**Leitfaden der Elektromedizin und der elektrischen Licht- und Wärmebehandlung.** Von Prof. Dr. med. A. Laquer u. Prof. Dr. phil. O. Müller. 3. neubearb. Aufl. Mit 266 S., 130 B., Format 17,5×25 cm. Carl Marhold Verlagbuchhandlung, Halle/S. 1951. Preis geb. 10,30 DM, kart. 12,80 DM.

**Hütte.** Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebsstätte). Hrsg. Akademischer Verein Hütte, e. V., in Berlin u. Dr.-Ing. H. R. Ritz. 1. Teil. Mit 426 S., 896 B., 210 Taf., Format 15×21 cm. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1951. Preis geb. 36.— DM.

**Handbuch für Planung, Konstruktion und Montage von Schaltanlagen.** Bearb. von Oberg. A. Hoppner. Mit 464 S., Format 10,5×15,5 cm. Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim 1951.

**Hochspannungsanlagen.** Von F. Weickert. 7. neubearb. u. erw. Aufl. Mit 550 S., 409 B., Format 15,5×21 cm. Fachbuchverlag GmbH Leipzig 1951. Auslieferung für Westdeutschland: KAWE, Kommissionsbuchhandlung GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Joachimsthaler Straße 3, Bahnhof Zoo. Preis Hw. 10,60 DM.

**Hochfrequenztechnik und Welttraumfahrt.** Von W. Diemler, H. Döring, F. W. Gundlach, F. Kirschstein, R. Meiten, R. Mosch, W. Stepp, G. Ulbricht, W. Wolpert. Mit 116 S., 65 B., Format 17×24 cm. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1951. Preis kart. 7.— DM.

**Die Starkstromtechnik.** Ein Handbuch für Elektroinstallateure, Elektromechaniker, Elektromaschinenbauer und Elektroingenieure. Hrsg. Dr. H. Tolksdorf. Mit 921 S., 1624 B., Format 19×25 cm. Preis kart. 45.— DM. Mit dem Ergänzungsband **Elektrotechnisches Tabellenbuch Starkstromtechnik.** Hrsg. u. bearb. Dr.-Ing. H. Tolksdorf. Mit 300 12 graph. Taf., Format 12,5×19 cm. Fachbuchverlag Dr. Pfeiffer & Co. Gießen 1951 u. 1950. Preis 6.— DM.

**Neustoff-Drahlisolation.** Vortrag von A. Wiegandt. Mit 28 6 B., Format 17,5×25 cm. Hrsg. Dr. Beck & Co. GmbH., Hamburg 1951. **Entwurf österreichischer Freileitungs-Vorschriften ÖVE—II.** Mit 228 6 B., Format 15×20,5 cm. Verlag des Elektrotechnischen Vereines Österreichs Wien 1, Eschenbachgasse 9, 1951. Preis 52.— S.

**Die Fernmessung.** I. Allgemeines und Verfahren für kürzere Entfernungen. Von Dipl.-Ing. S. John. (Bücher der Meßtechnik Buch V.) Mit 101 S., 43 B., Format 15×21 cm. Verlag G. Braun, Karlsruhe 1951. Preis kart. 10,50 DM, Glw. 12,50 DM.

**Elektrostatische Meßgeräte.** Von Oberg. A. Palm. (Bücher der Meßtechnik Buch V C 4). Mit 78 S., 84 B., Format 15×21 cm. Verlag G. Braun, Karlsruhe 1951. Preis kart. 10,50 DM, Glw. 12,50 DM.

**Metallfärbung.** Die wichtigsten Verfahren zur Oberflächenfärbung zum Schutz von Metallgegenständen. Von H. Krause. Mit 166 S., 112 B., Format 17×24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis Hw. 12,50 DM.

**Fernmelde-technische Zeitschrift 4 (1951) Heft 11.** Inhalt: Metallfärbung; Neueres aus der Höchstfrequenzmeßtechnik der USA; Rohde, Wahl im Fernsprechnetz der USA; Pausch u. Thurmayr, Wertesetz eines Zentralamtsbereichs der andersonverwahl; P. jun., Elektronenrechenmaschinen; Vetter, Vollautomatische Prüfung von Batterien in Wählerämtern; Schroeder, Einspülen von Kabeln; Meyer-Eppler, Untersuchungen an Übertragungssystemen durch wiederholte und rückläufige Überspielung; Pavel u. Lietz, Neue Kontroll- und Meßeinrichtungen für die Rundfunk-Verstärker der Deutschen Bundespost.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. R. Elsner, Nürnberg, Am Maxfeld 93a  
Dr.-Ing. Walther Koch, Berlin-Süden, Lange Straße 14  
Dr.-Ing. E. Roessler, Berlin-Dahlem, Eppinger Str. 22  
Dr. Hermann Wiegler, Metallforschungsinstitut, Saarbrücken 24  
Dr. Theodor Wörner, Siemens-Schuckertwerke AG, Transformatorwerk, Nürnberg, Katzwanger Str. 150

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Firma Aktiengesellschaft A. Ring, Nürnberg, über „Ölwirtschaft und Vakuumtrocknung“ bei, den Sie zu beachten bitten.

Abschluß des Heftes: 30. Oktober 1951

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jacottet. — Zuschriften für die Schritte nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 573 Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. Postschließfach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 80 6 Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj. einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18.— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE)

2. Jahrgang

Wuppertal, 1. Dezember 1951

Heft 23

## Stabilisierung des Schweißlichtbogens durch Hochfrequenz

Von E. Bergmann, Erlangen

DK 621.3.014.31 : 621.791.7

**Übersicht.** Die zur Stabilisierung des Wechselstromlichtbogens erforderliche Hochfrequenz ist in ihrem charakteristischen Aufbau noch wenig bekannt. Sowohl die Hochfrequenz wie ihre Erzeugung werden an Hand von Betriebseigenschaften ausgeführter Geräte näher betrachtet.

### Stabilisierung des Lichtbogens

Der Wechselstromlichtbogen, der z. B. beim Schweißen angewendet wird, muß im Augenblick des Stromwechsels getüzt werden, damit er nicht abreißt. Eine Stabilisierung des Lichtbogens kann durch verschiedene Mittel erreicht werden, durch eine hohe Stromstärke, durch eine geeignete Umhüllung der Schweißelektrode oder auch durch eine Überlagerung des Lichtbogenstromes mit einem hochfrequenten Hilfsstrom.

Der von Luft erfüllte Raum zwischen der stumpfen Schweißelektrode und dem Werkstück wird leitend, wenn durch ausreichende Erwärmung Elektronen zum Austritt aus den Metallatomen des negativen Poles veranlaßt werden. Die Elektronen werden vom positiven Pol mit großer Kraft angezogen, wobei sie unterwegs auf Gasatome treffen und dadurch weitere Elektronen aus ihrem Atomverband befreien. Die entstehenden Atomteile mit positiver Ladung,

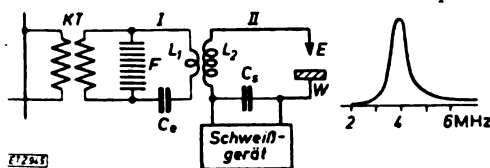


Bild 1. HF-Zündgerät mit magnetischer Kopplung.

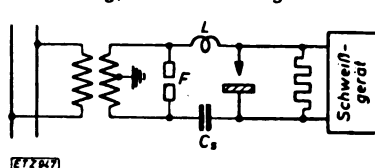


Bild 2. HF-Zündgerät mit Erregerkreis.

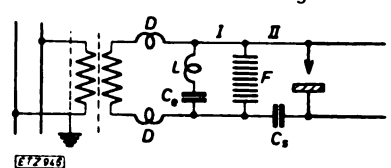


Bild 3. HF-Zündgerät mit unmittelbarer Anschaltung an die Schweißklemmen.

Die Ionen, werden vom negativen Pol angezogen und prallen dort mit großer Geschwindigkeit auf. Die durch den Stoß erzeugte Wärmemenge reicht aus, um dauernd weitere Elektronen aus der Kathode austreten (emittieren) zu lassen. Der einmal gezündete Lichtbogen brennt deshalb dauernd weiter.

Beim Wechselstrom-Lichtbogen vollzieht sich die Neuzündung in den Augenblicken des Stromwechsels selbsttätig, wenn die Elektronenaussendung gewährleistet ist. Dies ist ohne besondere Hilfsmittel nur bei Schweißströmen von mehr als 300 A der Fall. Bei den meist gebräuchlichen kleineren Stromstärken ist auch ein geübter Schweißer nicht imstande, den Lichtbogen am Abreißen zu hindern. Es werden daher dem Schweißdraht als Seele oder als Umhüllung geeignete Stoffe beigegeben, die den Elektronenaustritt fördern und den Lichtbogen stabilisieren.

In neuerer Zeit ist es gelungen, ein seit Jahrzehnten unbekanntes anderes Verfahren zur Stabilisierung des Lichtbogens brauchbar zu machen: Die Überlagerung des Schweißstromes mit einem hochfrequenten Hilfsstrom. Durch eine ausreichend hohe Spannung des Hilfsstromes wird der Luftstrom zwischen Elektrode und Werkstück überbrückt, ohne daß die Elektrode das Werkstück zu berühren braucht. Die Größe des hochfrequenten Stromes genügt, um die Kathode durch Erwärmung zur Elektronenemission und damit zur Zündung des Lichtbogens anzuregen. Man nennt das Gerät "HF-Zündgerät", obwohl das Zünden mehr als angenehme Beigabe zu dem eigentlichen Stabilisieren des Lichtbogens zu bewerten ist.

### Aufbau des stabilisierenden Gerätes

Die Bedingungen, denen der Aufbau und die Wirkungsweise des HF-Zündgerätes genügen müssen, sind zahlreich und erschweren die Gestaltung des Gerätes. Es wird dadurch verständlich, warum die Hochfrequenzüberlagerung nicht schon eher in die Praxis eingegangen ist.

Bei der Erzeugung von Hochfrequenz muß eine hohe Spannung angewendet werden. Je höher die Spannung ist, desto leichter können aber gefährliche Ströme auftreten. Am gefährlichsten ist Wechselstrom von der meist gebräuchlichen Frequenz von 50 Hz. Der Kleintransformator im HF-Zündgerät darf also nur einen Kurzschlußstrom von unbedenklicher Höhe aufweisen.

Ein Gerät, das an einen fahrbaren Schweißtransformator angebaut wird, darf nicht empfindlich sein. Der Kleintransformator KT (Bild 1) ladet den Erregerkondensator  $C_e$  auf, bis die Zündspannung der Löschfunkenstrecke  $F$  erreicht ist und die im Kondensator  $C_e$  aufgespeicherte Energie mit der Eigenfrequenz des Erregerkreises  $I$  ausschwingt. Durch Anwendung einer aus mehreren Teilstrecken aufgebauten

Löschfunkenstrecke sowie eines Kleintransformators mit starker magnetischer Streuung wird bewirkt, daß die Funkenstrecke nach dem Zünden wieder erlischt und der Erregerkondensator  $C_e$  von neuem aufgeladen werden kann. Je öfter der Erregerkondensator geladen wird, umso größer ist die Leistung des Gerätes. Je Halbwelle der Netzfrequenz von 50 Hz geschieht dies einige hundertmal, bis die Spannung wieder so weit gesunken ist, daß kein Überschlag stattfindet. Nach einer kurzen Zeitspanne setzen dann die Partialfunken in der nächsten Halbwelle ein usw. Es ergibt sich also eine sehr hohe Funkenzahl je Sekunde. Der Saugkondensator  $C_s$  dient gleichzeitig als Schutz des Schweißgerätes gegen eindringende Hochfrequenz. Die schwere Spule für die magnetische Koppelung fällt fort, wenn man den Belastungskreis ebenso wie den Erregerkreis an die Funkenstrecke schaltet (Bild 2). Die Induktivität der Zuleitungen macht eine besondere Spule im Belastungskreis überflüssig. Der Erregerkreis (Bild 2), der bei größeren Funkengeneratoren als Löschkreis das Arbeiten der Funkenstrecke unterstützt, hat sich hier zur Einstellung und Überwachung der Funkenstrecke als nützlich erwiesen. Der im Gerät angewendete Streutransformator ist kurzschlußfest, so daß sich die Anordnung besonderer Sicherungen erübrigt.

Die auftretenden Spannungsspitzen sind nicht höher als die normale Prüfspannung des Schweißtransformators. Die Leistung des Zündtransformators ist so klein, daß die Sekundärleitungen des Zündgerätes nach Bild 2 ohne weiteres an die Sekundärklemmen des Schweißtransformators ge-



schaltet werden können. Die Transformatorwicklung bietet der Hochfrequenz einen nahezu unüberwindlichen Widerstand. Hat ein Zündgerät eine höhere Spannung als zulässig ist, wird ein besonderer Schutzwiderstand erforderlich (Bild 3), der an den Sekundärklemmen des Schweißtransformators schädliche Spannungsspitzen von der Wicklung des Schweißtransformators fernhält.

**Wirkungsweise der Stabilisierung**

Es ist von besonderem Interesse rechnerisch zu verfolgen, auf welche Weise die Ionisation des Luftraumes und die Elektronenemission erreicht wird. Das HF-Zündgerät mit Funkengenerator (Bild 2) liefert eine stark gedämpfte Hochfrequenzspannung. Der Effektivwert dieser Spannung, der mit dem Röhrenspannungsmesser gemessen werden kann, beträgt bei Belastung etwa 300 V. Der Spitzenwert hängt von der Spannung ab, bis zu der die Aufladung des Kondensators stattgefunden hat, wenn die Entladung über die als Schalter wirkende Funkenstrecke einsetzt. Diese Spitzenspannung beträgt höchstens  $\sqrt{2} \cdot e_2$ . Das Oszillogramm nach Bild 4 zeigt den Anstieg der Spannung an der Funkenstrecke bis zu dem Zeitpunkt, in dem die hochfrequente Entladung einsetzt. Wird das HF-Zündgerät mit seinen Sekundärklemmen an die Sekundärklemmen des leerlaufenden Schweißtransformators geschaltet, ergibt sich ein Spannungsverlauf nach Bild 5a. Man sieht in diesem Oszillogramm die mit einer Frequenz von annähernd 1 MHz verlaufenden stark gedämpften Schwingungen, denen eine Oberwelle von etwa 4 MHz überlagert ist. Wird mit dem Transformator geschweißt, ergibt sich ein Verlauf der hochfrequenten Spannung nach Bild 5b.

Der über den Lichtbogen gehende hochfrequente Strom, der mit Hilfe des Thermoumformers gemessen werden kann, beträgt etwa 2 A. Diesem Strom entspricht eine hochfrequente Leistung von 30 W. Durch Vergrößern der Kapazität des Saugkondensators (Bild 2) läßt sich der Schwingungswiderstand herabsetzen und damit der Strom leicht auf 3 bis 4 A steigern. Die stabilisierende Wirkung der Ionisation wird dadurch aber nicht merklich verbessert.

Der kleine Leistungsfaktor und der gedämpfte Verlauf des hochfrequenten Stromes ergeben also bei einer nur wenige Watt betragenden Leistung des Gerätes Spannungsspitzen von 750 V (Bild 5b) und hohe Stromspitzen, die mehr als hundertmal je Halbwelle der niederfrequenten Spannung entstehen und die Metalloberfläche ausreichend erwärmen, um eine Ionisierung des Luftraumes und eine Elektronenemission einzuleiten. Der Wechselstromlichtbogen wird dadurch so stabilisiert, daß auch blanke, nicht umhüllte Elektroden mühelos verarbeitet werden können. Bild 6 zeigt den Verlauf des Schweißstromes, dem der hochfrequente Hilfsstrom während des Stromwechsels mit einer so hohen Impulszahl überlagert ist, daß er den Schweißstrom von 50 Hz wie ein Mantel umhüllt. Die in Phase mit der Primärspannung umlaufenden Partialfunkenbündel eilen dem Schweißstrom um die Phasenverschiebung  $\varphi_1$  voraus, so daß in den kritischen Punkten des Stromwechsels die Ionisation aufrecht erhalten bleibt.

Wie schon zum Ausdruck gekommen ist, wird zur Ionisation ein sich oft wiederholender Entladungsstoß benötigt. Man braucht also im Belastungskreis einen Kondensator, der mittels der als Schalter dienenden Funkenstrecke in schneller Aufeinanderfolge geladen und entladen wird. Eine Spule

im Belastungskreis hemmt die Entladung und ist möglich zu vermeiden. Da dies für den Röhrengenerator ebenso wie für den Funkengenerator, ergibt sich hieraus die Möglichkeit, mit einem Röhrengenerator von brauchbaren Abmessungen die Lichtbogenstrecke zu ionisieren.

Nach einer Betriebszeit von annähernd 1000 Stunden tritt eine Abnutzung der Wolfram-Ronden auf den Kontaktpolzen der Funkenstrecke ein. Da der Luftspalt der Funkenstrecke nur etwa 0,13 mm beträgt, ist die an sich geringe Abnutzung der 2 mm hohen Ronden an dem nicht gleichmäßigen Arbeiten der Funkenstrecken zu bemerken. Die Kontaktpolzen müssen dann nachgestellt werden, sonst der Funkenübergang kurzzeitig aussetzen und Sauberkeit der Schweißnaht leiden würde. Der Erregerdient der Einstellung der Funkenstrecken und der Überwachung des Gerätes. Schließt man die Sekundärklemmen des Gerätes kurz und mißt den hochfrequenten Kurzschlußstrom sowie die Spannung an der Funkenstrecke bzw. am Sekundärkondensator, ergibt sich Bild 7 (dargestellt in Abhängigkeit von der Luftspaltlänge). Die stabilisierende Wirkung des Gerätes nimmt also mit der Betriebsdauer vorübergehend etwas zu, bis der Luftspalt der Funkenstrecke so lang gebrannt ist, daß er von der Spannung nicht mehr zuverlässig überbrückt werden kann, die Linie a in Bild 7 kennzeichnet die Einstellung der Funkenstrecke bei Prüfung des Gerätes, die Linie b die Grenze, bis zu der ein unterbrechungsfreier Funkenübergang stattfindet.

Die mit dem Gerät erzielte Spitzenspannung reicht aus, um den Lichtbogen zu zünden, ohne daß der Schweißstrom das Werkstück zu berühren braucht. Die Durchbruchspannung beträgt für Luft 30 kV<sub>max</sub>/cm. In der Hochspannungstechnik hat man immer damit zu rechnen, daß eine Luftstrecke einen Bruchteil dieses idealen Wertes mit Sicherheit aushält. Die durch das HF-Zündgerät überbrückte Luftstrecke beträgt annähernd 1 mm.

Die Eigenschaft des HF-Zündgerätes, ohne Berührung des Werkstückes einen Lichtbogen zu zünden, ist Voraussetzung beim Schweißen von Leichtmetallen und anderen mit normalen Hilfsmitteln nicht schweißbaren Metallen. Man arbeitet dort mit einer von Schutzgas, z. B. Argon oder Helium, umhüllten Wolfram-Elektrode, die das Werkstück nicht berühren darf, da sie sich sonst legiert und eine stabile Schweißnaht nicht zustande kommt. Bei diesem Verfahren findet infolge der weit auseinanderliegenden Temperaturen von Wolfram-Elektrode und Werkstück die positive Halbwelle des Schweißstromes einen beträchtlich höheren Widerstand als die negative, so daß die bekannte Gleichstromwirkung des Lichtbogens eintreten kann. Die positive Halbwelle, bezogen auf die Elektrode, ist aber für die Sauberkeit der Schweißnaht von besonderer Bedeutung. Das Zündgerät hat also die positive Halbwelle am Ausbleiben zu verhindern. Die negative Halbwelle dagegen erscheint bei diesem Verfahren zuverlässig auch bei Fortfall des hochfrequenten Hilfsstromes. Es genügt, durch das HF-Zündgerät die positive Halbwelle des Schweißstromes zu stabilisieren. Man erhält das benutzte Gerät ein Ventil (Bild 8), z. B. ein Trockengleichrichter, der eine Halbwelle der Sekundärspannung des Zündtransformators unterdrückt. Das Gerät wird auf diese Weise nicht mehr belastet als erforderlich.

Das HF-Zündgerät wird mit seinen Sekundärklemmen unmittelbar an die Sekundärklemmen des Schweißtransformators geschaltet. Eine gegenseitige unerwünschte Beeinflussung von Zündgerät und Schweißgerät kann nicht eintreten.

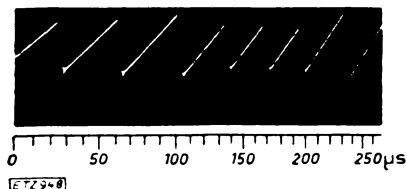


Bild 4. Spannung am Kondensator des offenen Belastungskreises.

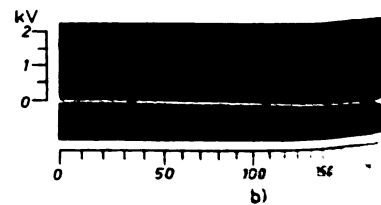
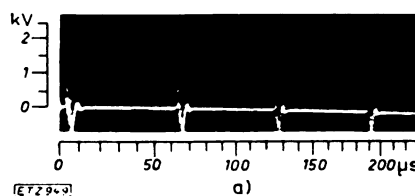


Bild 5. Spannung an den Schweißklemmen. a) bei Leerlauf, b) bei Belastung.

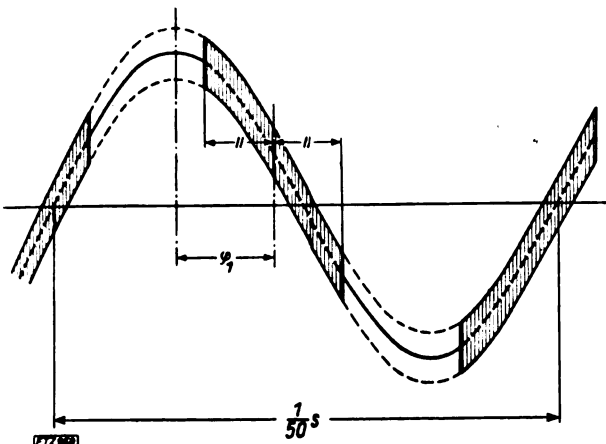


Bild 6. Schweißstrom mit überlagertem hochfrequenten Hilfsstrom.

Saugkondensator  $C_s$  sperrt der Sekundärspannung des Zündtransformators den Weg zum Schweißgerät, die Induktivität des Schweißtransformators oder Schweißumformers sperrt der Hochfrequenz das Eindringen in das Schweißgerät. Die Wirkung des Zündgerätes ist unabhängig von der Regelung des Schweißstromes und von der Größe des Schweißgerätes. Die verhältnismäßig niedrige Frequenz von etwa 1 MHz und die bescheidene Spannung, hinter der keine schädlich werdende Wirkleistung steht, gestatten die Verwendung normaler Schweißleitungen. Das Arbeiten mit dem HF-Zündgerät erfordert keinerlei besondere Vorsichtsmaßnahmen.

**Höhe und Abriegelung auftretender Funkstörspannungen**

Zunächst soll noch eine Bedingung behandelt werden, die neben der Ionisationswirkung und der Unfallsicherheit für die Verwendbarkeit des Gerätes wichtig ist: ausreichender Schutz gegen Störungen des Funkverkehrs.

Der Funkgenerator gilt in der Nachrichtentechnik als veraltet. Er arbeitet nicht mit einer bestimmten Frequenz, sondern noch mit allen anderen in der Nähe seiner Grundfrequenz liegenden Frequenzen. Bild 1 zeigt das mit dem Wellenmesser aufgenommene Frequenzbild des HF-Zündgerätes mit Funkgenerator. Die von den wirtschaftlichen Bedingungen vorgeschriebenen Abmessungen sind auch maßgebend für die Höhe der Frequenz. Die Induktivität der Schweißleitungen und der im Gerät untergebrachte Saugkondensator lassen sich nicht beliebig ändern. Das Gerät nach Bild 2 arbeitet also mit einer Grundschwingung, die durch die Schweißleitungen und den Saugkondensator bestimmt ist, sowie mit einer Oberwelle, die durch den Erzeugerkreis aufgedrückt wird (Bild 5a). Die Grundwelle von 4 MHz ist der ihr entsprechenden großen Wellenlänge wegen verhältnismäßig leicht entstörbar. Die schwache Oberwelle von 4 MHz stört mit ihrer Wellenlänge von 75 m ebenfalls im wesentlichen über die Netzleitungen. Auf das Netz übertragene Störspannungen können einen Funkempfang in einem größeren Umkreis unmöglich machen. Es muß also dafür gesorgt werden, daß nicht Störspannungen von mehr als 0,1 bis 1 mV in das Leitungsnetz eindringen können, eine geeignete Verlegung bzw. Abschirmung der Zuleitungen wird in den meisten Fällen den örtlichen Verhältnissen genügen. Da man sich aber nicht darauf verlassen kann, daß diese Störschutzmittel in ausreichendem Maße anwendbar sind, ist es erforderlich, am Schweißgerät passende Entstörmittel in Gestalt von Filtern, Drosseln und Kondensatoren anzubringen. Zur Auswahl und Schaltung dieser Entstörmittel dient das Störspannungs-Meßgerät nach VDE 0876. Ein Zündgerät gilt gemäß VDE 0875 als entstört, wenn es den zugehörigen Funk-Entstörgrad einhält.

Da das Zündgerät sekundär an das Schweißgerät gehalten ist, genügt es nicht, die Entstörmittel vor dem kleinen Zündgerät anzuordnen. Durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, daß der für den stabilisierten Schweißtransformator erforderliche Entstörmittelaufwand wirtschaftlich

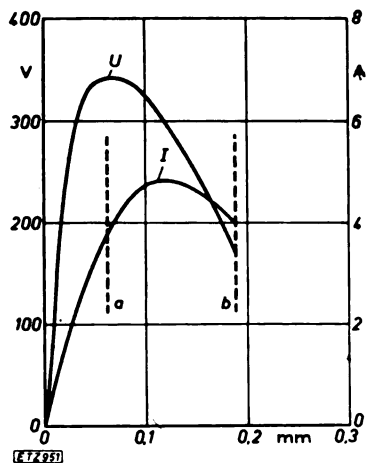


Bild 7. HF-Spannung und HF-Strom abhängig von der Luftspaltlänge einer sich aus 2 Teilstrecken aufbauenden Löschfunkenstrecke.

vertretbar ist. Dieser Aufwand wird geringer, wenn bereits bei Herstellung des Schweißtransformators durch eine geeignete Abschirmung mit einer später erforderlichen Entstörung gerechnet wird. Im Zündgerät selbst ist zur Verringerung des Aufwandes an Entstörmitteln die Primärwicklung des Transformators abgeschirmt und seine Oberspannungsseite verdrosselt (Bild 2).

Wenn dafür gesorgt ist, daß auf dem Wege über die Primärseite des Schweißgerätes keine Störspannungen in das Netz eindringen können, muß auch daran gedacht werden, die Schweißleitungen abzuschirmen bzw. konzentrisch auszubilden, damit nicht durch Abstrahlungen auf der Sekundärseite Störspannungen induziert werden. Die verhältnismäßig kleine HF-Leistung und große Wellenlänge des HF-Zündgerätes haben nur in wenigen Fällen zu Rundfunkstörungen Anlaß gegeben. Hierbei handelte es sich ausnahmslos um kleinere Betriebe, die sich in unmittelbarer Nähe von Wohnräumen befanden.

**Nutzen der Stabilisierung**

Die Überlagerung des Schweißstromes mit einem hochfrequenten Hilfsstrom bewirkt eine Ionisation der Lichtbogenstrecke und hat auf den Schweißvorgang keinen Einfluß, der hochfrequente Hilfsstrom beträgt etwa 2 A, der Schweißstrom dagegen etwa 30 bis 500 A. Durch die Stabilisierung bleibt also das schweißtechnische Verhalten von Wechselstrom und Gleichstrom unverändert. Bei kritischer Betrachtung der mit dem HF-Zündgerät in schweißtechnischer Beziehung erzielten Wirkungen bleiben als wesentliche Vorteile unzweifelhaft bestehen:

Der stabilisierte Lichtbogen ist elastischer als der gewöhnliche Wechselstromlichtbogen. Das Arbeiten mit dem stabilisierten Lichtbogen ermüdet weniger; es bringt eine Ersparnis an zeitlichem Arbeitsaufwand und einen Gewinn an Güte der Schweißnaht. Das HF-Zündgerät kann auch zur Überlagerung von Gleichstrom mit einem hochfrequenten Hilfsstrom benutzt werden. Beim Schweißen von Leichtmetallen in einer Schutzgasatmosphäre ist das HF-Zündgerät unentbehrlich. Auch zum Zünden und Stabilisieren anderer als Schweiß-Lichtbögen ist das HF-Zündgerät geeignet.

**Zusammenfassung**

Es wird beschrieben, welche Hochfrequenzleistung ausreicht, um den zum Schweißen benutzten Wechselstromlichtbogen in den Augenblicken des Stromwechsels nicht abreißen zu lassen. Diese Leistung wird sowohl ihrer Spannung und Stromstärke nach untersucht, wobei der zeitliche Verlauf durch Oszillogramme dargestellt wird. Die wirtschaft-

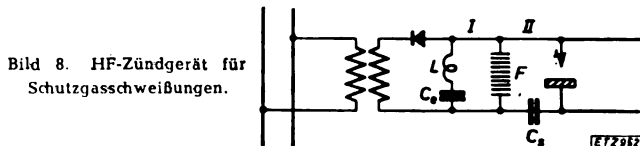


Bild 8. HF-Zündgerät für Schutzgasschweißungen.

liche Erzeugung der erforderlichen Hochfrequenz wird an Hand verschiedener Bauarten von HF-Generatoren betrachtet. Auch die durch die vorgeschriebene Sicherheit gegen Unfälle und gegen Störungen des Funkverkehrs verlangten Maßnahmen werden kritisch betrachtet. Schließlich wird der Anwendungsbereich des stabilisierten Lichtbogens umrissen.

Schrifttum

- [1] W. Zinn: Die Eigenschaften des elektrischen Schweißlichtbogens Schmelzschweißg. 1 (1922) S. 99.
- [2] K. Meller: Elektrische Lichtbogenschweißung, Leipzig 1925.
- [3] F. Schwarz: Elektrische Unfälle, elektrische Betäubung. Elektrik in Wissensch. u. Techn. 2 (1939) S. 1.
- [4] F. Hoch: Die Gleich- und Wechselstromschweißung im Wandel der Zeit. Schweißen u. Schneiden 2 (1950) S. 102.

### Anzeigevorrichtung für schadhafte Glühlampen bei Straßenbahnfahrzeugen

Von R. Wider, Minden

DK 621.327.42.062.57 : (25)

**Übersicht.** Die Lampen der Beleuchtungsstromkreise in Straßenbahnfahrzeugen sind zur Ermittlung schadhafter Glühlampen durchweg noch mit Prüfsteckdosen ausgerüstet. Es wird eine Anzeigevorrichtung mit Glimmlampe beschrieben, die an Stelle der Steckdose eingebaut, die schadhafte Glühlampe selbsttätig anzeigt. Diese Einrichtung erspart dem fachlich ungeschulten Fahrpersonal die Anwendung eines umständlichen Prüfverfahrens.

Die Beleuchtung der Straßenbahnfahrzeuge wird im allgemeinen von der Fahrleitung gespeist. Die Betriebsspannung der Fahrleitung bei den meisten Straßenbahnen beträgt 600 V. Die Glühlampenindustrie stellt normale stoßfeste Glühlampen nur für einen Spannungsbereich von 110 ... 260 V und Straßenbahn-Glühlampen mit Strombrücken für Kleinspannungen von 25 und 40 V her. Daher müssen mehrere Glühlampen in einem Stromkreis in Reihe geschaltet werden. Hierbei ist zu beachten, daß die Lebensdauer von Glühlampen bei Betrieb mit höherer Spannung als der auf dem Lampensockel angegebenen Nennspannung beträchtlich verkürzt wird. Wenn die Anzahl der Glühlampen  $Z$  eines Stromkreises sowie die Fahrdrahtspannung  $U$  bekannt sind, so beträgt die Teilspannung  $U_1$  jeder einzelnen gleichgroßen Glühlampe  $U_1 = U/Z$ .

Es muß darauf geachtet werden, daß nur Glühlampen gleicher Spannung und gleicher Leistung in einem Stromkreis in Reihe geschaltet werden. Müssen aus bestimmten Gründen Glühlampen verschiedener Größen in einem Stromkreis verwendet werden, so sind sie hinsichtlich Spannung und Leistung so aufeinander abzustimmen, daß ihre Nennstromaufnahme die gleiche ist, um zu vermeiden, daß die schwächste bald durchbrennt. Ein weiterer Nachteil der Reihenschaltung bei der Fahrzeugbeleuchtung, die meist in ein bis drei Stromkreise aufgeteilt ist, tritt in Erscheinung, wenn eine Glühlampe schadhafte wird. In diesem Falle ist der ganze Stromkreis unterbrochen. Das Fahrpersonal muß dann möglichst schnell die schadhafte Lampe ermitteln. Manchmal ist diese bei einer kleineren Anzahl äußerlich an der dunklen Färbung erkennbar, schwieriger jedoch, wenn eine größere Anzahl Glühlampen in einem Stromkreis liegen.

Bei der Einkreissschaltung sorgt eine Strombrücke dafür, daß der Stromkreis nicht unterbrochen wird. Diese Strombrücken arbeiten jedoch nicht immer zufriedenstellend.

Um dem Fahrpersonal zu ermöglichen, die schadhafte Glühlampe eindeutig herauszufinden, ist meist an jedem Lampensockel eine parallel zur Glühlampe liegende Prüfsteckdose angebracht (Bild 1). Eine besondere Prüflampe leuchtet auf, wenn die zu prüfende Glühlampe unbrauchbar geworden ist. Dieses Verfahren ist umständlich und zeitraubend. Außerdem werden die Prüflampen von technisch ungeschultem Personal bedient. Schließlich ist eine große Zahl nicht abgedeckter Steckdosen im Fahrzeug untergebracht, deren Kontakte unter einer Spannung von 600 V gegen Erde stehen und der mittelbaren zufälligen Berührung nicht entzogen sind.

Um daher das Fahrpersonal von der Prüfung der einzelnen Lampen zu entlasten, wurde unter jeder Glühlampe an Stelle der Prüfsteckdose ein Anzeigegerät mit Glimmlampe

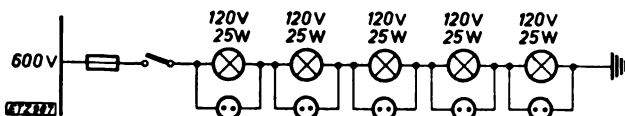


Bild 1. Glühlampen in Reihenschaltung mit Prüfsteckdosen.

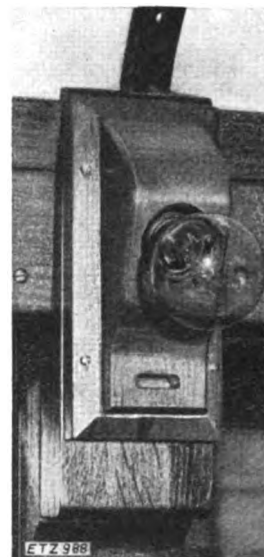


Bild 2. Glimmlampe als Anzeigevorrichtung (unter der Glühlampe).

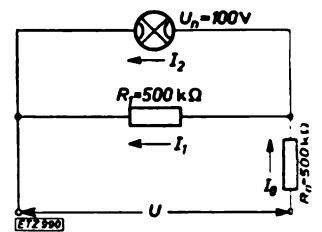


Bild 3. Schaltbild der Anzeigevorrichtung

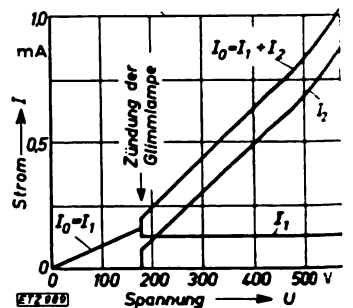


Bild 4. Ströme nach Schaltbild 3. abhängig von der Klemmenspannung

eingebaut und ein Straßenbahntriebwagen versuchsweise mit ausgerüstet (Bild 2).

Die drei Lichtstromkreise des Fahrzeuges waren mit 5 Glühlampen für 120 V versehen. Es mußten deshalb folgende Bedingungen an das neue Gerät gestellt werden: 1. Verwendung einer normalen handelsüblichen Glimmlampe für 100 V. 2. Kein Ansprechen der Glimmlampe bei einer Spannung unterhalb 140 V. 3. Ansprechen bei schadhafter Glühlampe in einem Spannungsbereich von 140 ... 600 V. Verwendet wurden 1 Glimmlampe für 100 V, 2 Widerstände von 500 k Ohm und 0,5 W.

Die im Schaltbild (Bild 3) angegebenen Ströme wurden gemessen und in Abhängigkeit von der Klemmenspannung  $U$  aufgetragen (Bild 4). Eine Röhrenglimmlampe ohne Vorwiderstand nahm bei einer Ansprechspannung von 100 V einen Strom von 10 mA auf. Bei ihrer Löschspannung von 80 V war der Strom auf 0,1 mA gesunken. Wie aus der erheblichen Stromschwankung hervorgeht, hat die Glimmlampe eine stark mit dem Strom fallende Widerstandskennlinie, die leicht aus Bild 4 errechnet werden kann. Der Glimmlampenwiderstand  $R_{Gl}$  ergibt sich zu:

$$R_{Gl} = \frac{I_1 R_1}{I_2}$$

Mit Rücksicht auf die hohe Spannung wurde eine Röhrenglimmlampe mit an den Enden befindlichen Anschlußkappen bevorzugt. Sie wurde in eine Reihenparallelschaltung mit Widerständen eingebaut (Bild 3). Diese wurden so abgestimmt, daß bei brennender Glühlampe und einer Klemmenspannung von 120 V die Glimmlampe nicht zündete, während sie bei schadhafter Glühlampe und 600 V an der Unterbrechungsstelle schon bei 180 V Klemmenspannung ansprach. Wie aus Bild 4 ersichtlich, ist die Aufgabe der Widerstände verschieden. Dabei soll der vorgeschaltete hohe Widerstand  $R_0$  zum Schutze der Glimmlampe die Stromaufnahme drosseln, während der Parallelwiderstand  $R_1$  die Aufgabe hat, die Ansprechspannung zu verändern.

# Pressen oder Preßspritzen von Isolierstoffteilen

Von H. Draeger und H. Scheuß, Bonn

DK 421.315.6

**Übersicht.** Die härtbaren Preßmassen stellen einen der wichtigsten Werkstoffe der Elektroindustrie dar. Ihre Verarbeitung erfolgte früher nur im Preßverfahren, inzwischen wird das Preßspritzverfahren, das in vielen Fällen erhebliche Vorteile bietet, mehr und mehr in den Pressereien angewandt. Die nachstehende Arbeit bringt eine Gegenüberstellung beider Verfahren mit einer Darstellung ihrer Vor- und Nachteile.

## Preßstoffeinsatz in der Elektroindustrie

Die Kunstharzpreßstoffe haben sich in der Elektroindustrie einen bevorzugten Platz erobert. Ihre günstigen Eigenschaften: Hoher Isolationswert, einwandfreie, korrosionsbeständige Oberfläche ohne besondere Nachbehandlung, hohe spanlose Verformbarkeit, geringes spezifisches Gewicht, gute mechanische Festigkeit, stempeln sie zu einem idealen Werkstoff für die Elektrotechnik. Sowohl als Trägermaterial stromführender Kontakte als auch als Werkstoff für die Gerätekapselung stellen sie ein Konstruktionsmaterial dar, dessen Möglichkeiten noch längst nicht erschöpft sind.

## Die beiden meistangewandten Verarbeitungsverfahren

Die beiden hauptsächlichsten Verarbeitungsverfahren bei der Herstellung formgepreßter Isolierstoffteile aus härtbaren Preßmassen sind das Pressen und das Preßspritzen. Das Pressverfahren, seit Jahrzehnten bekannt, zeigt Mängel, die in manchen Fällen sehr störend bemerkbar machen. Insbesondere seien hier erwähnt: Erreichung höchster Maßgenauigkeit nur durch spanabhebende Nacharbeit, Schwierigkeiten beim Einbetten empfindlicher Metallteile, Beschädigung an empfindlichen Formteilen, zeitraubende Entgratung. Das Preßspritzverfahren bringt in diesen Punkten wesentliche Verbesserungen und stellt eine Weiterentwicklung dar, die für härtbare Preßmassen neue Einsatzmöglichkeiten eröffnet. Eine schematische Gegenüberstellung der beiden Verarbeitungsverfahren zeigt Bild 1 und 2.

## Das Preßverfahren

Beim Pressen wird die Preßmasse, in zur Herstellung des Preßlings nötiger Menge, in die beheizte Preßform eingelegt. Die Preßform wird geschlossen, wobei die eingefüllte Masse unter Druck und Wärmeeinwirkung zwischen Gesenk und Stempel plastisch erweicht und bei zusammengepresstem Stempel und Gesenk den Hohlraum voll ausfüllt. Durch chemische Umwandlung erstarrt die Preßmasse im Werkzeug und das fertige Preßteil kann aus der Form genommen werden.

Beim Preßvorgang wird die Preßmasse je nach Art des Stoffes (Holzmehl oder Faserstoff) auf den 2. bis 8. Teil ihres früheren Volumens zusammengedrückt. Über dem entsprechenden Formgesenk muß daher je nach Preßmasseart entsprechend hoher Füllraum liegen. Bei der chemischen Umwandlung werden gasförmige Bestandteile frei, die aus dem Preßteil abziehen müssen. Diese können an undichten Stellen der Form entweichen oder, besonders bei größeren Preßteilen, muß der Abzug durch nochmaliges Öffnen der Form ermöglicht werden. Die Schnelligkeit des chemischen Umwandlungsprozesses nimmt mit steigender Temperatur zu. Der Vorgang der Härtung ist daher auch stark von der Geschwindigkeit der Erwärmung auf die notwendige Temperatur abhängig. Bei den meisten härtbaren Preßmassen wird diese Temperatur bei etwa 160 °C. Harz- und Füllstoffe sind jedoch meist schlechte Wärmeleiter. Die Wärmeleitung wird allerdings durch die beim Preßvorgang erzielte hohe Dichte verbessert.

Die Herstellungszeit des Preßteils hängt also davon ab, wie schnell man die Preßmasse auf Preßtemperatur bringt. Dickwandige Preßteile lassen sich meist entabel herstellen, wenn man die Preßmasse außerhalb der Form bereits vorwärmt. Hierbei darf man nicht längere Zeit über 90 °C vorwärmen, da sonst der chemische Umwandlungsprozeß bereits beginnt und die Fließfähigkeit der Preßmasse so stark herabgesetzt wird, daß ein einwandfreies Pressen des Stückes nicht mehr möglich ist.

Bei Hochfrequenzvorwärmung der Preßmasse kann man in etwa eine Minute auf Temperaturen bis zu 120°

gehen und dadurch eine wesentliche Abkürzung der Herstellungszeit erreichen. Der Preßdruck richtet sich nach der Fließfähigkeit der Preßmasse und insbesondere nach ihrem Füllstoff. Außer dem Füllstoff sind auch die bei der Herstellung der Masse verwendeten Gleitmittel und der Grad der Vorkondensation der Preßmasse von Bedeutung.

Holzmehlpreßmassen benötigen einen Preßdruck von etwa 250... 400 kg/cm<sup>2</sup>, Faserstoffmassen etwa 400... 800 kg/cm<sup>2</sup>. Beim Pressen wird der volle Druck auf die einzelnen Formteile übertragen, dabei treten naturgemäß große Schubkräfte auf, die besonders bei stark profilierten Formkonturen beste Stahlqualität bei der Formherstellung bedingen. Die Höhe der einzelnen Stempel und Formteile soll daher möglichst nicht ihren Durchmesser überschreiten. Auch beim Einbetten von Metallteilen sind die großen Schubkräfte bei der Verformung der Preßmasse zu beachten, die der Anwendung dieses Verfahrens enge Grenzen ziehen.

Die Preßformherstellung erfordert große Erfahrung und sorgfältigste Ausführung. Das Zusammensetzen von einzelnen Formteilen, das die Formherstellung wesentlich vereinfachen könnte, ist praktisch kaum anwendbar, da die bei dem hohen Druck in die Trennfugen eindringende Preßmasse das Werkzeug auseinandersprenge würde. Die Arbeiten am Formgesenk werden durch den besonders bei Faserstoffen hohen Füllraum noch zusätzlich erschwert.

Die Maßhaltigkeit der Preßteile ist von der genauen Arbeit des Formherstellers abhängig. Hochwertige Werkzeugmaschinen und handwerkliches Können des Werkzeugmachers sind daher unerlässlich.

Unter diesen Voraussetzungen können die formgebundenen Maße des Preßteils mit genügender Genauigkeit hergestellt werden. Alle nicht formgebundenen Maße jedoch setzen zur Einhaltung einer ausreichenden Genauigkeit sorgfältigstes Arbeiten beim Pressen voraus. Durch Änderung der einzufüllenden Preßmassemenge, der Formtemperatur, des Preßdrucks, können Differenzen auftreten, die es unmöglich machen, den Formstempel so tief in das Formgesenk einzufahren, wie dies vom Werkzeughersteller vorgesehen war. Hierdurch wird das Höhenmaß der Preßteile in Preßrichtung ungünstig beeinflusst.

Während Auflagen das Zusammenfahren von Stempel und Gesenk nach unten begrenzen, werden Abweichungen nach oben nur durch die Sorgfalt des Pressers vermieden.

Der hohe Preßdruck hat auch bei Verwendung hochlegierter Stähle einen Verschleiß der Form zur Folge, der die Maßgenauigkeit ebenfalls beeinflusst. Preßformen, aus denen Preßteile mit hoher Maßgenauigkeit hergestellt werden sollen, müssen daher je nach Stahlsorte, Werkzeugkonstruktion und Preßmasseart vielleicht schon nach 100 000 Pressungen wegen Verschleiß erneuert werden.

## Das Preßspritzverfahren

Das Preßspritzen stellt eine Weiterentwicklung der Verarbeitungstechnik von härtbaren Preßmassen dar und läßt einen Teil der Mängel vermeiden, die bei der Schilderung des Preßverfahrens dargestellt wurden.

Beim Preßspritzen wird die Preßmasse derart umgeformt, daß die in einer Druckkammer für einen Preßspritzvorgang enthaltene Masse unter dem Druck des Stempels und unter Wärmeeinwirkung plastisch erweicht und durch einen oder mehrere Kanäle in den Hohlraum im Werkzeug gepreßt wird.

a Füllraum b Formraum  
c Formunterteil d Form-oberteil e Kolben f Ent-lüftungskanal  
linker Teil von Bild 1 u. 2:  
beginnender Vorgang  
rechter Teil von Bild 1 u. 2:  
beendeter Vorgang

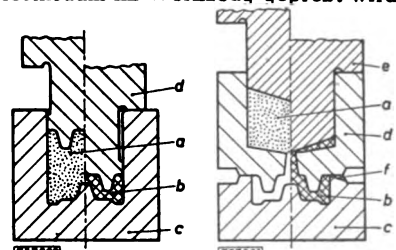


Bild 1. Pressen.

Bild 2. Preßspritzen.

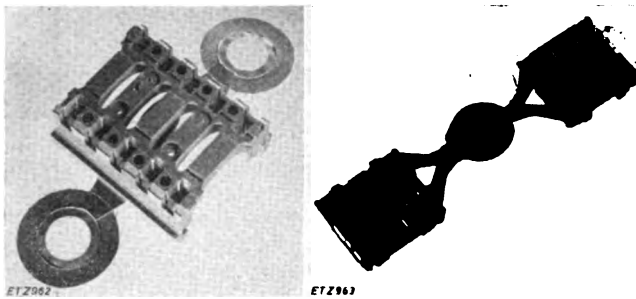


Bild 3 und 4. Beispiele für Preßspritzeile.

Die Preßmasse erstarrt im Werkzeug durch chemische Umwandlung, und nach Öffnung der Form kann das fertige Preßteil entnommen werden. Je nach Pressenart befindet sich die Druckkammer mit dem Stempel entweder im Werkzeugober- oder -unterteil oder außerhalb des eigentlichen Werkzeuges.

**Vorteile des Preßspritzeverfahrens**

Da die gesamte Preßmassemenge aus der meist gut beheizten Druckkammer durch den relativ kleinen Querschnitt der Spritzkanäle gepreßt wird, ist eine schnelle intensive Durchwärmung der gesamten Preßmassemenge gewährleistet. Dabei wird die von außen herangebrachte Wärme durch die Reibungswärme noch wesentlich verstärkt. Die beim Kondensationsvorgang abgespalteten Gase können leichter aus der wurmartig in den Formraum fließenden Maße entweichen.

Die Herstellungszeit besonders dickwandiger Preßteile kann daher auf einen Bruchteil der beim Pressen notwendigen Stehzeit verkürzt werden. Durch den guten Abzug der Kondensationsgase wird das Gefüge homogener und dadurch der elektrische Isolationswert besser.

Wenn auch der Preßdruck in der Druckkammer höher ist als beim Pressverfahren in der Form (1400 kg/cm<sup>2</sup> werden meist überschritten), so ist der Druck im Formraum wesentlich niedriger. Er wird durch den Spritzkanalquerschnitt im wesentlichen bestimmt und liegt meist bei 250 ... 300 kg/cm<sup>2</sup>. Daher lassen sich Preßspritzeile mit eingebetteten gegen Verschiebung empfindlichen Metallteilen herstellen, die im Pressverfahren nicht herstellbar sind.

Die Herstellung der Preßspritzeform ist daher auch wesentlich einfacher als die der Preßform. Das Zusammensetzen von Formteilen und damit deren leichtere Herstellung ist in größerem Umfange möglich. Durch den Fortfall des Füllraumes über dem Formgesenk und die dadurch verringerte Einförmigkeit wird die Arbeit des Werkzeugmachers wesentlich erleichtert.

Die Maßhaltigkeit der Preßspritzeile ist besser einzuhalten, da insbesondere das Höhenmaß in Preßrichtung mit wesentlich geringeren Abweichungen erreicht werden kann. Da die Preßmasse in die bereits geschlossene Form eingespritzt wird, hat eine Änderung der Preßmassemenge nach oben höchstens zur Folge, daß der in der Druckkammer verbleibende Rest größer wird.

Werkzeugbeschädigungen, die beim Preßvorgang durch Einfüllen einer zu großen Preßmassemenge leicht eintreten können, werden beim Preßspritzen ebenfalls vermieden.

Der Verschleiß der Preßspritzeform ist wesentlich geringer als der der Preßform, da die Masse sich bereits im plastischen Zustand befindet, wenn sie den Füllraum erreicht. Ein weiterer Vorteil des Preßspritzens ist in der Erzielung dünnerer Grate an den Trennstellen der Form zu sehen, die das Entgraten der Preßspritzeile wesentlich erleichtert.

Der Anwendung des Preßspritzens sind in der Größe des herzustellenden Teiles gewisse Grenzen gesetzt, die durch die Pressenart bedingt sind. Die derzeitigen Erfahrungen gehen bis etwa 750 g Verarbeitungsgewicht.

Bild 3 bis 5 zeigen einige Beispiele ausgeführter Preßspritzeile.

**Nachteile des Preßspritzeverfahrens**

Nachteile des Preßspritzens sind der etwas höhere Preßmasseverbrauch, bedingt durch den in der Druckkammer und

den Spritzkanälen verbleibenden Rückstand, der die chemische Umwandlung mit durchmachte und daher nicht wieder verwendet werden kann. Je kleiner das herzustellende Preßspritzeile, um so größer wird der dadurch verlorengelungene Anteil sein, sofern man nicht durch die Anwendung von Mehrfachformen den Anteil wieder herabsetzen kann.

Ein größerer Nachteil liegt in der geringeren mechanischen Festigkeit der Preßspritzeile und hier besonders in Bezug auf Schlagzähigkeit, während die Biegefestigkeit weniger stark nachläßt. Der Grund dafür liegt in einer Orientierung der Füllstoffteilchen durch den Spritzvorgang. Nach Weigel<sup>1</sup> ist die Festigkeitsabnahme bei Preßmassen mit langfaserigen oder schnitzelartigen Füllstoffen größer als bei holzmehl- oder kurzfasrigen Preßmassen. An gepreßten und preßgespritzten Prüfstäben wurden die unterschiedlichen Festigkeiten nach Tafel 1 gemessen.

Tafel 1. Biegefestigkeit und Schlagzähigkeit von Prüfstäben

Typ	Füllstoff	Biegefestigkeit		Schlagzähigkeit	
		gepreßt kg/cm <sup>2</sup>	preßgespritzt kg/cm <sup>2</sup>	gepreßt cmkg/cm <sup>2</sup>	preßgespritzt cmkg/cm <sup>2</sup>
31	Holzmehl	750	680	8	45
51	Zellulosefaser				
71	Textilfaser				
54	Zelluloseschnitzel	800	650	10	55
74	Textilschnitzel				

Es wird noch eines längeren eingehenden Studiums der verschiedenen Möglichkeiten bedürfen, um hier mit genaueren Unterlagen und vor allem mit Vorschlägen zur Beseitigung dieser Nachteile dienen zu können.

Nachstehend sind die Vor- und Nachteile des Preßspritzens gegenüber dem Pressen kurz zusammengefaßt:

**Vorteile:** 1. Kürzere Herstellungszeit, 2. Gleichmäßigeres Gefüge des Fertigteils, 3. Maßgenauere Fertigung, 4. Herstellung von Teilen mit komplizierter Formgebung und eingebetteten empfindlichen Metallteilen, 5. Einfachere und dadurch billigere Formherstellung, 6. Vermeidung von Formbeschädigungen, 7. Geringerer Formverschleiß, 8. Weniger Entgratarbeit.

**Nachteile:** 1. Etwas höherer Preßmasseverbrauch, 2. Geringere Festigkeit der Stücke.

**Zusammenfassung**

Für die Herstellung der Schaltgerätekapselung mit der Forderung nach möglichst hoher Stoßfestigkeit und mittlerer Genauigkeit, kann das Preßverfahren nach wie vor als geeignetstes Verarbeitungsverfahren gelten.

Für die Fertigung von Innenteilen mit hoher Maßgenauigkeit, komplizierter Formgebung und eingebetteten empfindlichen Metallteilen ist das Preßspritzverfahren das geeignetere, das sich mehr und mehr durchsetzen wird.

<sup>1</sup> W. Weigel: Festigkeit und Gefüge von Preß- und Spritzmassen aus Kunststoffen 37 (1947) S. 11.

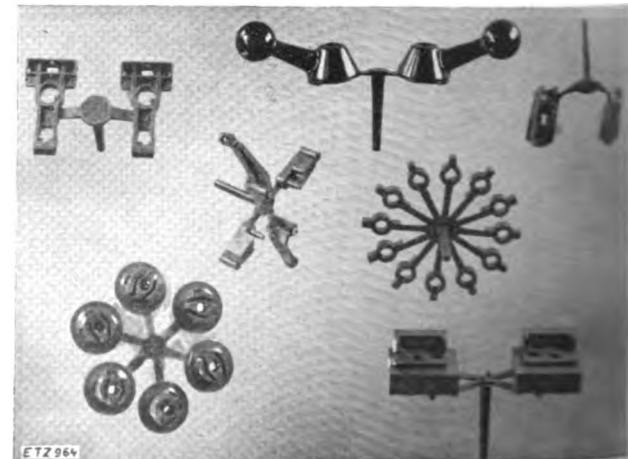


Bild 5. Beispiele für Preßspritzeile.





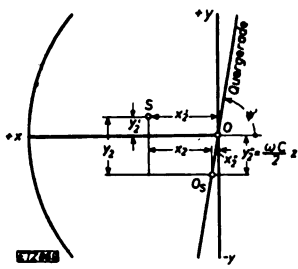


Bild 3. Auffinden des Punktes S mit Hilfe des sekundären Nullpunktes  $O_S$  der Quergeraden

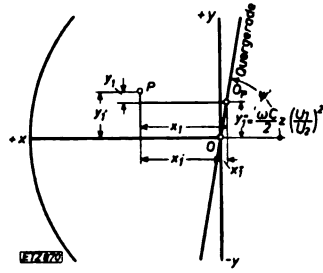


Bild 4. Entnahme der Erzeugerleistungen mit Hilfe des primären Nullpunktes  $O_P$  der Quergeraden.

und eine Parallele zur Längsgeraden gezeichnet wird, die auf dem  $K_0$ -Kreis den gesuchten primären Punkt P kennzeichnet. Damit liegen die Koordinaten von P fest und somit auch nach Multiplikation mit  $N_{vk}$  die zu ermittelnden Leistungen im Punkte 1' des Vierpoles, denn es ist

$$N_{w1} = N_{vk} x_1'; \quad N_{b1} = N_{vk} y_1'. \quad (6)$$

Das Aufsuchen des Punktes P kann man sich erleichtern, indem man ein parallel zur Längsgeraden verschiebbares Lineal, das Primärlineal, anordnet, das mit der Längsgeraden um den Koordinatennullpunkt 0 verdrehbar sein muß.

**Die Quergerade**

Aus dem Vorangegangenen ist zu entnehmen, daß sich der Übergang von den Verbraucherleistungen des Vierpoles zu dessen Erzeugerleistungen in drei Phasen vollzieht. Einmal ist ein rechnerischer Übergang von Punkt 2 nach 2' vorzunehmen; in einer zweiten Phase wird das Ossanna-Diagramm angewandt, das den Übergang von Punkt 2' nach 1' ermöglicht; in der letzten Phase erfolgt ein rechnerischer Übergang von Punkt 1' nach 1. Das in der vorliegenden Form dargestellte Ossanna-Diagramm gestattet somit nicht, von den Verbraucherleistungen unmittelbar auf die Erzeugerleistungen zu schließen. Dieser Nachteil kann durch Einführung der sogenannten Quergeraden behoben werden, für deren Konstruktion die Koordinaten  $(x'', y'')$  der halben Queradmittanz am Anfang und Ende des Vierpoles berechnet werden. Es ergibt sich

$$x_2'' = \frac{N_{w2}''}{N_{vk}} = \frac{A}{2} z; \quad y_2'' = \frac{N_{b2}''}{N_{vk}} = \frac{\omega C}{2} z. \quad (7)$$

Da andererseits  $\text{tg } \psi' = y_2''/x_2'' = \omega C/A$  ist, muß der Punkt  $O_S$ , der als sekundärer Nullpunkt bezeichnet werden soll, auf einer Geraden liegen, die mit der Abszissenachse den Winkel  $\psi'$  einschließt (siehe Bild 3). Da die Neigung dieser Geraden durch das Verhältnis der Querkonstanten festgelegt ist, soll dafür die Bezeichnung Quergerade gewählt werden. Aufgrund dieser Überlegung läßt sich der Punkt S im Ossanna-Diagramm auch so finden, indem man

die Koordinaten  $(x_2, y_2)$  der Verbraucherleistungen vom sekundären Nullpunkt  $O_S$  aufträgt, denn es gilt:

$$x_2' = x_2 + x_2''; \quad y_2' = y_2 - y_2'',$$

was nach Gl. (1) erfüllt sein muß.

Analog gilt für die Koordinaten des primären Nullpunktes  $O_P$ :

$$x_1'' = \frac{N_{w1}''}{N_{vk}} = \frac{A}{2} z \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 = x_2'' \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2$$

$$y_1'' = \frac{N_{b1}''}{N_{vk}} = \frac{\omega C}{2} z \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2 = y_2'' \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2$$

mit  $\text{tg } \psi' = y_1''/x_1''$ , woraus folgt, daß auch der primäre Nullpunkt  $O_P$  auf der Quergeraden liegen muß. Da die Neigung der Quergeraden bereits durch den Winkel  $\psi'$  festgelegt wurde, genügt eine der beiden Koordinaten des Punktes  $O_P$  zu dessen Festlegung. Ist beispielsweise  $y_2''$  nach Gl. (7) errechnet worden, so braucht man diese Koordinate lediglich mit dem Quadrat des Spannungsverhältnisses zu multiplizieren, um  $y_1''$  zu erhalten.

Es ergibt sich hieraus, daß alle Erzeugerleistungen vom primären Nullpunkt  $O_P$  gezählt werden müssen, denn in Bild 4 gilt:

$$x_1 = x_1' + x_1''; \quad y_1 = y_1' - y_1'',$$

was nach Gl. (3) erfüllt sein muß.

Durch die Definition des Begriffes der Quergeraden ist es grundsätzlich möglich geworden, das Ossanna-Diagramm auch für den Fall einer Berücksichtigung der Queradmittanz heranzuziehen: Man zählt nunmehr alle Verbraucherleistungen von  $O_S$  und alle Erzeugerleistungen von  $O_P$ . Das bedeutet aber nichts anderes als eine Verschiebung des Koordinatensystems  $(x, y)$  in den Punkt  $O_S$  bzw.  $O_P$ , je nachdem Verbraucherleistungen in das Ossanna-Diagramm eingetragen oder Erzeugerleistungen aus diesem entnommen werden sollen.

Auf dieser Grundlage eines erweiterten Ossanna-Diagrammes wurde vom Verfasser ein neuer Fernleitungs-Rechenschieber entwickelt, der im folgenden kurz beschrieben werden soll.

**Bauelemente des Rechenschiebers**

Die für den Fernleitungs-Rechenschieber erforderlichen Bauelemente sind in Bild 5 übersichtlich zusammengestellt. Im einzelnen ist zum Bild 5 ergänzend folgendes zu beachten: Zunächst wird die Teilung der beiden Winkel  $\psi$  auf eine weiße Pappscheibe A vom Durchmesser des Einheitskreises (200 ... 300 mm) aufgetragen, wobei es als ausreichend zu betrachten ist, wenn der  $\text{tg } \psi$  in 0,1-Einheiten und der  $\text{tg } \psi'$  in 1-Einheiten geteilt wird. Auf die Scheibe wird dann die um den Nullpunkt 0 drehbare Quergerade

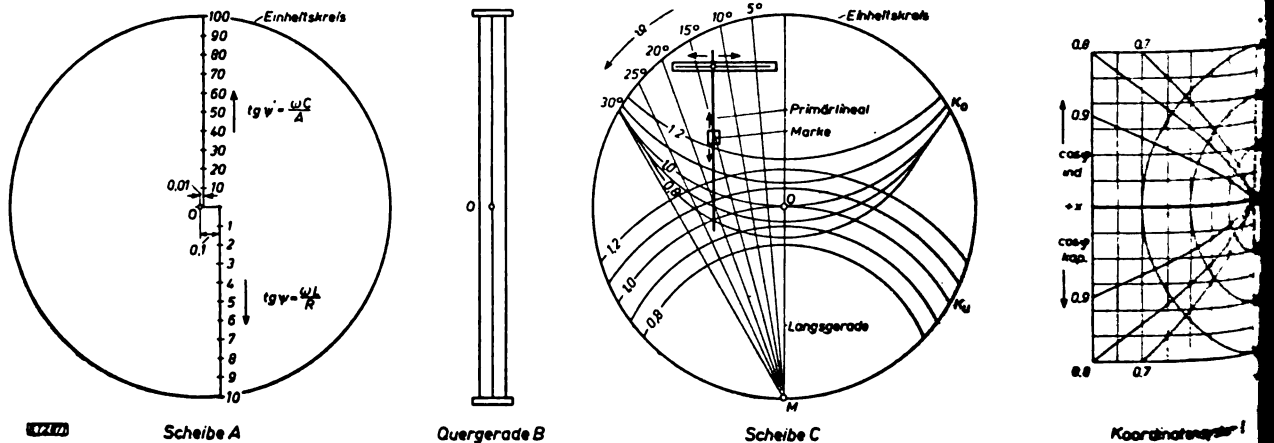


Bild 5. Bauelemente des Fernleitungs-Rechenschiebers.

aufgesetzt, die man zweckmäßig aus durchsichtigem Kunststoff anfertigen läßt. Das dritte Bauelement bildet die durchsichtige Scheibe C, ebenfalls vom Durchmesser des Einheitskreises, auf welche die Längsgerade, ferner die unteren und oberen Spannungsverhältniskreise mit einer 0,02-Teilung sowie die  $\theta$ -Geraden mit einer 5°-Teilung in schwarzer Tusche aufgezeichnet werden. An der Scheibe C ist noch im linken oberen Teil das Primärlineal befestigt, das in Gleitschienen parallel zur Längsgeraden verschoben werden kann. Auf dem Primärlineal selbst wird eine kleine verschiebbare Marke angebracht, die eine genaue Fixierung des Primärpunktes P relativ zum feststehenden Koordinatennullpunkt 0 gestattet. Als letztes Bauelement ist das auf der Quergeraden verschiebbare und durchsichtige Koordinatensystem D vorzusehen, das in mm-Teilung im Maßstabe des Einheitskreises gezeichnet wird. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, auf dem Koordinatensystem zusätzlich noch die Scheinleistungskreise (Kreise um  $0_{SP}$ ) und die  $\cos\varphi$ -Geraden (Gerade durch  $0_{SP}$ ) in anderer Farbe einzutragen. Die einmal eingestellte Lage des Koordinatensystems läßt sich mit Hilfe von Gummischeiben festhalten.

Was die Einstellung des Fernleitungs-Rechenschiebers anbelangt, so geht man am einfachsten in folgender Reihenfolge vor:

- a) Einstellung der Quergeraden auf den berechneten  $\text{tg } \psi$ -Wert.
- b) Einstellung der Längsgeraden auf den berechneten  $\text{tg } \psi'$ -Wert.
- c) Verschiebung des Koordinatensystems in den sekundären Nullpunkt  $0_S$  durch Berechnung der Koordinate  $y_2''$ .
- d) Aufsuchen des Punktes S durch Eintragen der gegebenen Verbraucher-Koordinaten  $(x_2, y_2)$  von  $0_S$  aus nach vorheriger Bestimmung von  $N_{VK}$ .
- e) Einstellung des Primärlineales auf den Punkt S und der verschiebbaren Marke auf den zugehörigen oberen Spannungsverhältniskreis. Damit ist Punkt P fixiert.
- f) Verschieben des Koordinatensystems nach  $0_P$  durch Bestimmung der Koordinate  $y_1''$ . Dabei bleibt die relative Lage des Punktes P zu dem feststehenden Koordinatennullpunkt 0 unverändert.
- g) Ablesen der Erzeugerleistungen aus den Koordinaten des Punktes P (Marke) relativ zum primären Nullpunkt  $0_P$ .

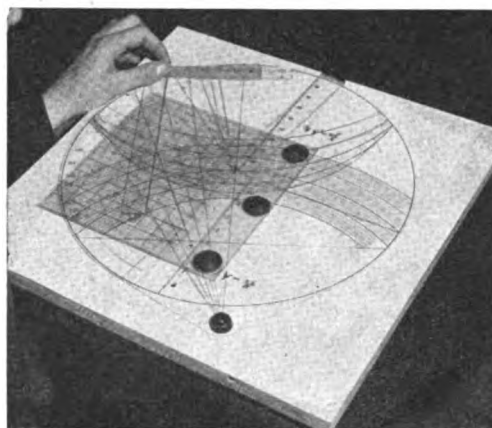
Bei einiger Übung ist der Fernleitungs-Rechenschieber bequem zu handhaben und ergibt auch eine für technische Zwecke genügende Genauigkeit. Im übrigen kann die Genauigkeit des Rechenschiebers durch entsprechende Wahl des Einheitskreises allen zu stellenden Anforderungen angepaßt werden. Da der Rechenschieber nur dimensionslose Größen enthält, ist seine Anwendung universell.

In Bild 6 ist ein nach Angaben des Verfassers gebauter Fernleitungs-Rechenschieber aus Plexiglas mit einem Einheitskreis von 300 mm Durchmesser dargestellt<sup>2</sup>. Auf dem Bild sind die einzelnen Bauelemente und deren Anordnung zueinander klar erkennbar.

**Die Ersatzkonstanten**

Die schnelle Durchbrechung einer Leitung mit Hilfe des Fernleitungs-Rechenschiebers setzt jedoch voraus, daß man die Ersatzkonstanten des II-Vierpoles in möglichst einfacher Weise aus den Belägen der Fernleitung bestimmen kann. Dies wird dadurch erreicht, indem die dimensionslosen Belagfaktoren  $\eta_R, \eta_L, \eta_C$  und  $\eta_A$  eingeführt werden, die darüber Aufschluß geben, in welchem Maße die jeweilige Ersatzkonstante von dem Produkt aus Belag und Leitungslänge abweicht. Demnach erhält man folgende Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} R &= R_0 l \eta_R; & \omega L &= \omega L_0 l \eta_L \\ \frac{\omega C}{2} &= \frac{\omega C_0}{2} l \eta_C; & \frac{A}{2} &= \frac{A_0}{2} l \eta_A \end{aligned} \right\} \quad (11)$$



ETZ 872

Bild 6. Gesamtansicht des Fernleitungs-Rechenschiebers. Bauelemente aus Plexiglas, Einheitskreis 300 mm Dmr.

Sind die Belagfaktoren bekannt, dann werden die Ersatzkonstanten in einfacher Weise durch Multiplikation des Belages mit der Leitungslänge erhalten.

Die für die Einstellung der Längs- und Quergeraden erforderlichen Winkel ergeben sich aus den Gleichungen

$$\text{tg } \psi = \lambda_1 \frac{\eta_L}{\eta_R}; \quad \text{tg } \psi' = \lambda_2 \frac{\eta_C}{\eta_A} \quad (12)$$

mit den Belagverhältnissen  $\lambda_1 = \omega L_0/R_0$  und  $\lambda_2 = \omega C_0/A_0$ .

Für die Ermittlung der Belagfaktoren bestimmt man zunächst aus den Belägen der Fernleitung die vier Grundgrößen der Telegraphengleichungen, nämlich das Phasenmaß  $\alpha$ , das Dämpfungsmaß  $\beta$ , den Wellenwiderstand Z und den Verzerrungswinkel  $\zeta$ , wozu das folgende Formelsystem benutzt werden kann ( $\alpha$  und  $\beta$  in  $[\text{km}]^{-1}$ ):

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\frac{1}{2} R_0 A_0 \left\{ \sqrt{(1 + \lambda_1^2)(1 + \lambda_2^2)} - (1 - \lambda_1 \lambda_2) \right\}} \\ \beta &= \sqrt{\frac{1}{2} R_0 A_0 \left\{ \sqrt{(1 + \lambda_1^2)(1 + \lambda_2^2)} + (1 - \lambda_1 \lambda_2) \right\}} \\ Z &= \sqrt[4]{\left(\frac{R_0}{A_0}\right)^2 \frac{1 + \lambda_1^2}{1 + \lambda_2^2}} [\Omega]; \quad \zeta = \frac{1}{2} \text{arc tg } \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{1 + \lambda_1 \lambda_2} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Da  $\lambda_1 < \lambda_2$  ist, muß der Verzerrungswinkel  $\zeta$  stets negativ sein.

Durch Vergleich des II-Vierpoles mit den Telegraphengleichungen sowohl im Leerlauf als auch im Kurzschluß erhält man folgende exakte Formeln für die prozentualen Belagfaktoren, auf deren Beweis aus Platzmangel verzichtet werden muß:

$$\left. \begin{aligned} \eta_R &= \frac{Z}{l R_0} \left\{ \sinh \beta l \cos \alpha l \cos \zeta - \cosh \beta l \sin \alpha l \sin \zeta \right\} \cdot 100 \\ \eta_L &= \frac{Z}{l \omega L_0} \left\{ \sinh \beta l \cos \alpha l \sin \zeta + \cosh \beta l \sin \alpha l \cos \zeta \right\} \cdot 100 \\ \eta_C &= \frac{1}{l \omega C_0} \frac{R \sinh \beta l \sin \alpha l - \omega L (\cosh \beta l \cos \alpha l - 1)}{R^2 + (\omega L)^2} \cdot 100 \\ \eta_A &= \frac{1}{l A_0} \frac{\omega L \sinh \beta l \sin \alpha l - R (\cosh \beta l \cos \alpha l - 1)}{R^2 + (\omega L)^2} \cdot 100 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Um dem projektierenden Ingenieur die zeitraubende Arbeit einer Formelauwertung zu ersparen, wurden die Belagfaktoren für Drehstromfernleitungen üblicher Beläge und zu erwartender Leitungslängen mit den angegebenen Formeln unter Verwendung einer 5stelligen Funktionentafel

<sup>2</sup> Den Bau des Rechenschiebers hat in dankenswerter Weise Herr Diplomingenieur Otto B e ß übernommen.

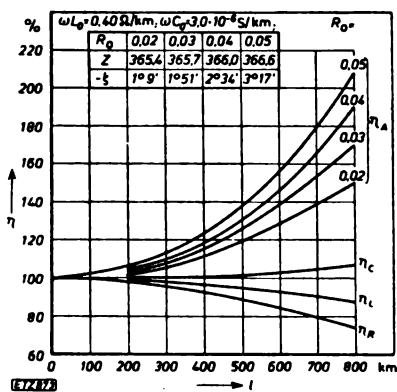


Bild 7. Belagfaktoren in Abhängigkeit von der Leitungslänge mit Parameter  $R_0$ .

nach Hayashi und einer 10stelligen Rechenmaschine bestimmt<sup>3</sup>. Der grundsätzliche Kurvenverlauf ist aus Bild 7 erkennbar. Dieser Berechnung wurden folgende Ausgangswerte zugrunde gelegt:

Leitungslänge $l$ :	200	400	600	800	km
Widerstandsbelag $R_0$ :	0,02	0,03	0,04	0,05	$\Omega/\text{km}$
Reaktanzbelag $\omega L_0$ :	0,25	0,30	0,35	0,40	$0,45 \Omega/\text{km}$
Suszeptanzbelag $\omega C_0$ :	2,5	3,0	3,5	4,0	$4,5 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$
Ableitungsbelag $A_0$ :	$0,03 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$				

Der verhältnismäßig große Wertebereich für den Reaktanz- und Suszeptanzbelag läßt erkennen, daß auch die Bündelleitersysteme mit 2... 4 Teilleitern in den Rechnungsgang mit einbezogen worden sind. Der konstant angenommene Ableitungsbelag von  $0,03 \cdot 10^{-6} \text{ S/km}$  entspricht einem mittleren Jahreskoronaverlust von 1,44 kW/km je Leiter bei 380 kV, der nur wenig höher liegt als der für die 970 km lange schwedische 380 kV Leitung im Jahresmittel berechnete Wert von 1,37 kW/km je Leiter [4].

Die Belagfaktoren sind in Abhängigkeit von der Leitungslänge mit Parameter  $R_0$  für verschiedene Werte von  $\omega L_0$  und  $\omega C_0$  aufgetragen. Bei den Belagfaktoren  $\eta_R$ ,  $\eta$  und  $\eta_C$  verschwindet der Einfluß von  $R_0$ , so daß sich in dem untersuchten Bereich jeweils nur eine Kurve ergibt. Demgegenüber ist bei dem Belagfaktor  $\eta_A$  ein erheblicher Einfluß des Widerstandsbelages feststellbar. In das Diagramm des Bildes 7 sind auch die errechneten Werte für  $Z$  und  $\zeta$  aufgenommen worden, die für die Berechnung der natürlichen Leistung erforderlich sind. Ergänzend sei bemerkt, daß die Kurven mit ausreichender Genauigkeit interpolierbar sind.

Die Vierpolkette

Wenn es sich nicht nur darum handelt, die Zustände am Anfang und Ende der Fernleitung zu vergleichen sondern auch auf der Leitung selbst zu untersuchen, so ist eine Nachbildung des Leitungssystems in Form einer Vierpolkette erforderlich. Die aus dem Fernleitungs-Rechenschieber be-

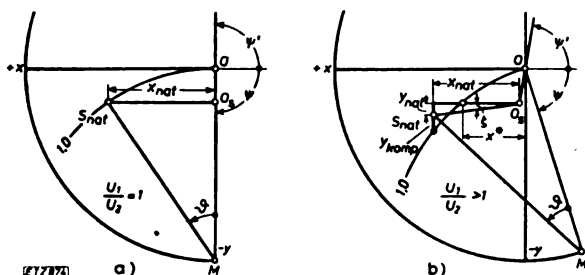


Bild 8. Übertragung der natürlichen Leistung a) bei verlustfreier und b) bei verlustbehafteter Leitung.

<sup>3</sup> Die mühsame Berechnung hat in dankenswerter Weise ein Assistent des Instituts, Herr Diplomingenieur Hans Heindl übernommen. — Die Ergebnisse wurden in einem Kurvenblatt zusammengefaßt, das vom Institut für Elektrische Anlagen und Hochspannungstechnik der T. H. München bezogen werden kann.

stimmte Erzeugerleistung am Anfang des letzten Vierpoles ist dann als Belastung für den vorletzten Vierpol zu betrachten, so daß sich durch wiederholte Anwendung dieses Rechnungsganges auf die einzelnen Vierpole die Zustände auf der Fernleitung bestimmen lassen. Selbstverständlich können auch die am Anfang und Ende der Leitung vorhandenen Transformatoren in die Betrachtung mit einbezogen werden wenn man deren Nachbildung als Vierpol vorsieht.

Übertragung der natürlichen Leistung

Es ist bekannt, daß sich im Falle einer verlustfreien Leitung, für die  $R_0 = A_0 = 0$ ,  $Z = \sqrt{\omega L_0 / \omega C_0}$ ,  $\zeta = 0$ ,  $\psi = \psi' = 90^\circ$  und  $y_2'' = \omega C / 2\omega L$  zu setzen sind, bei der Übertragung der natürlichen Leistung  $N_{nat} = U_2^2 / Z$  ein Spannungsverhältnis  $U_1 / U_2 = 1$  einstellt. Wie aus Bild 8a hervorgeht, liegt der sekundäre Punkt  $S_{nat}$  mit der Koordinate  $x_{nat} = N_{nat} / N_{vk}$  auf dem Spannungsverhältniskreis 1. Dies ergibt sich auch aus den Telegraphengleichungen, wenn das Dämpfungsmaß  $\beta = 0$  gesetzt wird. Die natürliche Leistung ist im Sonderfall der verlustfreien Leitung eine reine Wirkleistung.

Für den allgemeinen Fall der verlustbehafteten Leitung trifft dies nicht mehr zu. Wie aus Bild 8b erkennbar ist, wird durch die Drehung der Längsgeraden nach rechts und der Quergeraden nach links der sekundäre Punkt  $S_{nat}$  von dem Spannungsverhältniskreis 1 abgesetzt. Für die Koordinate des Punktes  $S_{nat}$  folgt:

$$x_{nat} = \frac{N_{nat}}{N_{vk}} \cos \zeta; \quad y_{nat} = \frac{N_{nat}}{N_{vk}} \sin \zeta. \quad (1)$$

In der natürlichen Leistung ist somit eine kleine kapazitive Blindkomponente enthalten, deren Größe im wesentlichen durch den  $\sin \zeta$  festgelegt ist. Die natürliche Leistung ist in diesem Fall eine Scheinleistung. Im Hinblick darauf daß der Winkel  $\zeta$  sehr klein ist, bleibt auch die Blindkomponente sehr klein, so daß man sich mit genügender Genauigkeit auch im Falle der verlustbehafteten Leitung auf die Wirkkomponente beschränken kann.

Um auch bei der verlustbehafteten Leitung ein Spannungsverhältnis 1 zu erzwingen, kann man entweder so vorgehen, daß bei einem Wirkleistungsverhältnis  $x_{nat}$  mit einer kapazitiven Blindkomponente  $y_{komp}$  querkomponiert oder aber die Wirkleistung auf den Betrag  $x^*$  verkleinert wird. Im allgemeinen dürfte  $x^*$  um 10... 20% niedriger liegen als  $x_{nat}$  der verlustfreien Leitung. In dieser Hinsicht ist somit die verlustbehaftete Leitung als etwas ungünstiger zu betrachten als die verlustfreie Leitung. Eine Angleichung der verlustbehafteten Leitung an die Verhältnisse der verlustfreien wird umso mehr erreicht je größer der  $\text{tg } \psi$  gewählt wird. Das bedeutet möglichst kleinen Leitungswiderstand und zwar umso mehr, je stärker der Reaktanzbelag  $\omega L_0$  im Hinblick auf eine Leitungsbündelung verkleinert wird.

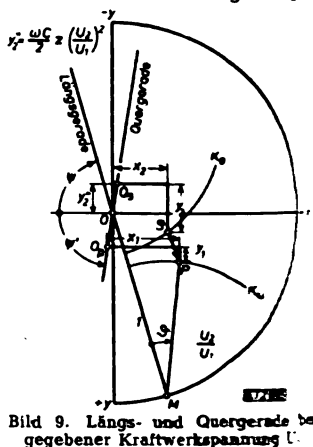


Bild 9. Längs- und Quergerade bei gegebener Kraftwerksleistung  $N$ .

Zweite Hauptform der Energieübertragung

Der Fernleitungs-Rechenschieber läßt sich auch für den weiteren Fall anwenden, daß die Belastungen am Ende des Vierpoles und die Spannung an dessen Anfang gegeben sind. Grundsätzlich ergibt sich dann ein Ossanna-Diagramm nach Bild 9, in welchem in analoger Weise mit der Längs- und Quergeraden gearbeitet werden kann. Nach dem Vorhergesagten bedarf die Konstruktion des Bildes 9 keiner weiteren Erläuterung. Es wäre lediglich darauf hinzuweisen, daß alle Leistungen auf die Kurzschlußleistung  $N_k = U_1^2 / Z$

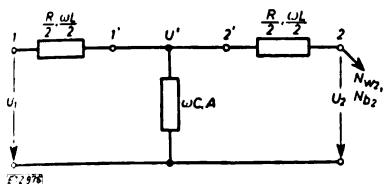


Bild 10. Die Fernleitung als T-Vierpol.

bezogen werden müssen. Außerdem ist zu beachten, daß für die Bestimmung der Koordinate  $y_2''$  das Spannungsverhältnis  $U_2/U_1$  zunächst geschätzt werden muß, was aber keine grundsätzliche Erschwerung bedeutet. Die mit der Längseraden verbundenen Spannungsverhältniskreise bleiben die gleichen wie für den Fall der 1. Hauptform der Energieübertragung; nur müssen alle sekundären Punkte auf die obere Kreisschar und alle primären Punkte auf die untere Kreisschar bezogen werden. Wenn man eine größere Anzahl von Auswertungen vorzunehmen hat, so empfiehlt es sich, ein weites Primärlineal im rechten unteren Quadranten der Scheibe B des Rechenschiebers anzubringen.

**Die T-Schaltung**

Die Fernleitung kann selbstverständlich auch durch einen T-Vierpol dargestellt werden (Bild 10). Man geht dann weckmäßig so vor, daß der Lastzustand des Punktes 2' über ein erstes Ossanna-Diagramm aus den Verbraucherleistungen bestimmt wird.

Der Übergang von 2' nach 1' vollzieht sich über eine Quergerade der gesamten konzentrierten Queradmittanz. Für den Übergang von 1' nach 1 ist ein zweites Ossanna-Diagramm zu verwenden.

Die prozentualen Belagfaktoren für das T-Ersatzbild lassen sich unter Zuhilfenahme des Formelsystems (13) aus den bestehenden Beziehungen errechnen:

$$\left. \begin{aligned} \eta_R &= \frac{2}{l R_0} \frac{\omega C \sinh \beta l \sin \alpha l + A (\cosh \beta l \cos \alpha l - 1)}{A^2 + (\omega C)^2} \cdot 100 \\ \eta_L &= \frac{2}{l \omega L_0} \frac{A \sinh \beta l \sin \alpha l - \omega C (\cosh \beta l \cos \alpha l - 1)}{A^2 + (\omega C)^2} \cdot 100 \\ \eta_C &= \frac{1}{l \omega C_0 Z} [-\sinh \beta l \cos \alpha l \sin \zeta + \cosh \beta l \sin \alpha l \cos \zeta] \cdot 100 \\ \eta_A &= \frac{1}{l A_0 Z} [\sinh \beta l \cos \alpha l \cos \zeta + \cosh \beta l \sin \alpha l \sin \zeta] \cdot 100 \end{aligned} \right\} (16)$$

Nachdem sich aber gezeigt hat, daß mit dem T-Vierpol nicht so bequem zu arbeiten ist wie mit der II-Ersatzschaltung, soll die T-Schaltung nicht weiter behandelt werden.

**Zusammenfassung**

Ausgehend von der II-Ersatzschaltung und durch Einführung der Quergeraden wird das Ossanna-Diagramm für eine Berechnung langer Leitungen geeignet gemacht und daraus ein dimensionsloser Rechenschieber entwickelt. Um eine schnelle Durchrechnung von Fernleitungen mit Hilfe des Rechenschiebers zu ermöglichen, werden Formeln für die Belagfaktoren, die einen Korrekturwert zur Berechnung der Ersatzkonstanten aus Belag und Leiterlänge darstellen, abgeleitet und rechnerisch ausgewertet. Es wird auf die T-Ersatzschaltung hingewiesen.

**Schrifttum**

- [1] E. Grob: Zur Ableitung der neuen Arbeitsdiagramme über die Spannungsänderung in Wechselstromnetzen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 44 (1926) S. 469.
- [2] J. Ossanna: Fernübertragungsmöglichkeiten großer Energiemengen. ETZ 43 (1922) S. 1025 u. 1061.
- [3] J. Ossanna: Neue Arbeitsdiagramme über die Spannungsänderung in Wechselstromnetzen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 44 (1926) S. 113.
- [4] A. Rusck und G. Rathmann: The Swedish 380 kV System. Electr. Engng. 68 (1949) S. 1025.
- [5] A. Schwaiger: Elektrische Leitungen. Leibniz Verlag, München 1948.

**Potentiometrische Steuerung von Hebezeugen in der Hüttenindustrie**

DK 621.316.71 : 621.237

Von Hebezeugsteuerungen werden neben sehr großer Sicherheit gute Regelbarkeit der Geschwindigkeit beim Heben und Senken, hohe Bremsleistung und sicheres Halten bei schneller Arbeitsausführung, sowie möglichst einfache Bedienbarkeit verlangt. In der Arbeit gibt der Verfasser<sup>1</sup> eine Schaltung an, bei der die Schaltstufen selbsttätig durch Relais geschaltet werden, wodurch Überlastungen ausgeschlossen sind und die Bedienung einfach wird. Bild 1 zeigt die Prinzipschaltung.

Beim Heben werden die Kontakte  $C_3$  und  $C_4$  geschlossen und schalten den Anker in Reihe mit der Feldwicklung  $F$  und Anlaßwiderstand  $R_1$ . Kontakt  $C_9$  sorgt für das Lösen der mechanischen Bremse  $Br$ . Auf der 1. Stufe wird durch  $C_2$  dem Anker der Widerstand  $R_e$  parallel geschaltet. Auf Stufe 2 ist dieser Nebenschluß aufgehoben, und auf den folgenden Stufen werden nacheinander  $C_5$ ,  $C_6$ ,  $C_7$  und  $C_8$  geschlossen. In den letzten vier Schaltstellungen werden erst durch stromabhängige Relais geschaltet, wodurch Überströme durch schnelles Schalten nicht auftreten können.

Beim Senken sind die Kontakte  $C_2$ ,  $C_4$  und  $C_9$  geschlossen.  $C_3$  geht in Stellung  $C_3'$  und schaltet den Anker an den Schutzwiderstand  $R_1$ .  $C_5$ ,  $C_6$ ,  $C_7$  und  $C_8$  sind geschlossen und die Erregung ist somit voll eingeschaltet; die Maschine läuft langsam an. Beim Weiterschalten auf die folgenden Stufen werden durch die stromabhängigen Relais wieder die Kontakte  $C_8$ ,  $C_7$ ,  $C_6$  und  $C_5$  nacheinander geöffnet und halten den Widerstand  $R_i$  schrittweise wieder ein, wodurch die Drehzahl zunimmt. Auf der 6. und letzten Stufe schließt der Kontakt  $C_1$  einen Teil des Reihenwiderstandes  $R_e$  kurz. Diese letzte Stufe ist für das schnelle Senken mit leerem Anker gedacht. Beim Senken arbeitet die Maschine je nach Last motorisch oder generatorisch.

Zum Langsamerwerden und Halten bringt man den Schalter auf Null. In dieser Stellung sind alle Kontakte geöffnet, während die Kontakte  $C_3$  und  $C_4$  in Stellung  $C_3'$  und  $C_4'$  bleiben. Unter der Kontrolle der Relais schließen sich wieder die Kontakte  $C_5$ ,  $C_6$ ,  $C_7$  und  $C_8$  schrittweise. In der Haltstellung zieht die Bremse an, und die Maschine arbeitet bis zum völligen Stillstand als Generator auf Widerstände. Diese Schaltung verhindert den freien Fall der Last im Falle des Versagens der Bremse.

Zwei Nachteile werden einer potentiometrischen Steuerung vorgeworfen: 1. Hohe Leersenkgeschwindigkeiten sind nicht erreichbar, 2. Der Stromverbrauch ist höher als bei anderen Anschlüssen.

Der Verfasser weist nach, daß der erste Vorwurf bei seiner Schaltung keine Gültigkeit hat. Der zweite Nachteil wird nach seiner Meinung durch erhöhte Sicherheit und leichte Anpassungsfähigkeit an spezielle Anforderungen aufgehoben. Zudem ist die Bedienung von ungeschultem Personal möglich.

In der Arbeit werden die verschiedenen Widerstände, die entscheidenden Einfluß auf die Arbeitsweise des Anschlusses haben, eingehend diskutiert und zahlreiche Schaubilder für Drehzahl und Drehmoment gegeben.

PB

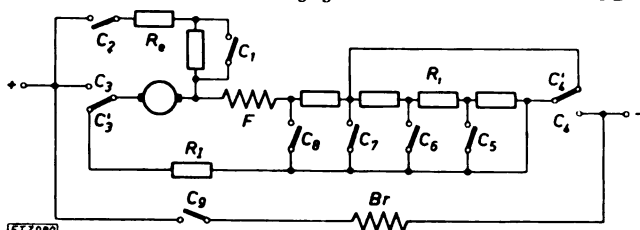


Bild 1. Prinzipschaltbild der potentiometrischen Steuerung eines Hebezeugmotors.

<sup>1</sup> Nach M. P. Robert: Bull. Soc. franç. Electr. 10 (1950) S. 547; S. 15 B.



# Physikalische Erklärung des Dreielektrodenkristalls und dessen moderne Anwendung

Von H. Fark, Wanne-Eickel

DK 621.385.3 : 540

## Leitfähigkeit

In den Elektronenleitern sind die Elektronen, die negativ geladenen Bestandteile der Elektrizität, Träger des elektrischen Stromes. Nur Elektronenleiter kommen, wenn es sich um hohe Frequenzen handelt, in Frage. Kristalle sind Halbleiter. Sind in ihnen überzählige Elektronen (Überschußleitung), so gehen sie durch das Atomkristallgitter und ein Potential ist vorhanden. Sind zu wenig Elektronen anwesend (Defektelektronen-Leitung), so kann auch ein Strom fließen, wenn eine Lücke besteht. Es handelt sich hierbei um positive Löcher. Ein benachbartes Elektron kommt in diese Lücke. In die freigewordene Lücke kommt wieder ein benachbartes Elektron usw.

Man unterscheidet also bei den Elektronenhalbleitern zwei Arten: Überschußleitung (Elektronenleitung) und Mangelleitung (Defektelektronen-Leitung). Bei ersteren ist Sperrwirkung vorhanden, wenn der Kristall positiv und die Nadel negativ ist. Defektelektronen verhalten sich wie elektrisch positive Vorzeichen. Silicium bildet Defektelektronen, Germanium dagegen ist elektronenleitend. Damit nun im Kristallgitter Überschuß- und Fehlstellen eintreten, muß das Atomgitter unregelmäßig sein und zwar durch Einlagerung von dem Material des Kristalls wesensfremden Atomen (Akzeptoren). Ein homogener Kristall hat daher keine Leitfähigkeit. Eine minimale Beimischung ist erforderlich. Im allgemeinen und mit großem Erfolg werden elektronenleitende und hochsperrende Germaniumkristalle und Silicium, Elemente mit der Kernladungszahl zwischen 14 und 50, mit Beimengungen verwandt. Es wurden viele Untersuchungen über Leitfähigkeit, Hallkonstante, Rauschen, Temperaturabhängigkeit usw. gemacht. Endlich hat man die für den Transistor sehr wichtige gemischte Leitung.

## Gleichrichtung

Die Gleichrichtung entsteht durch eine Sperrschicht. Eine Metallelektrode berührt den Kristall. Es entsteht eine Potentialschwelle im Halbleiter. Hierdurch entsteht eine Raumladungsverteilung, die fast ab Metallspitze eine in das Halbleiterinnere verlaufende Randschicht hervorruft. Die Dicke der Randschicht beträgt etwa  $10^{-5}$  cm. Durch die Bewegung der Randschicht entsteht die Gleichrichtung. Von der Oberfläche des Kristalls strömen die Elektronen zum Metall. Dadurch entsteht an der Grenzfläche eine Schottkysche Sperrschicht, die nicht leitet. Müssen die Elektronen vom Metall zum Kristall strömen, so würde das Metall keine Elektronen abgeben und im Kristall entfernen sich die Elektronen von der Sperrschicht. Fließt der Strom umgekehrt, so überbrücken die Elektronen aus dem Kristall die Sperrschicht, d. h. der Strom fließt. Der Kristall liegt zwischen zwei Metallelektroden. Die Gefahr einer Sperrwirkung in beiden Richtungen kann man dadurch beheben, daß man als eine Elektrode eine Platte, als andere eine Spitze nimmt.

## Verstärkung und Schwingungserzeugung

Die Eigenschaft und Funktion eines Kristalls beschränkt sich nicht allein auf Leitfähigkeit und Gleichrichtung. Die moderne Physik kam in den letzten Jahren immer mehr zur Kenntnis der Vorgänge in einem Halbleiterkristall. Es entstand der Dreielektrodenkristall oder Transistor.

st o r. Dieser dient nun auch zur Verstärkung und Schwingungserzeugung. Erst kürzlich wurde er in den USA mit Erfolg angewandt. Man konnte bisher mit einer Diode oder einem Kristall gleichrichten. Nun kann man statt mit einer Triode auch mit einem Halbleiterkristall verstärken und Schwingungen erzeugen. Die Vakuumröhre wird in vielen Fällen verdrängt werden.

Die Arbeit des Transistors beruht auf Interaktion der defektelektronenleitenden Haut mit der darunter liegenden elektronenleitenden Kristallschicht. Bardeen und Brattain<sup>1</sup> geben folgenden Aufbau an: Auf dem Kristall stehen zwei feine Drahtelektroden, Nadeln, eine Steuerelektrode (Emittorelektrode), entsprechend dem Röhrengitter und eine Abnehmerelektrode (Kollektorelektrode), entsprechend der Röhrenanode. Die Elektroden haben einen Abstand von 5 ... 10  $\mu$ . Die eine hat eine positive und die andere eine negative Vorspannung gegen den Kristall. Die dritte Elektrode der Röhrenglühkathode entspricht, wird durch eine Platte gebildet, auf der der Kristall liegt (Bild 1). Die Polung im Steuer- und Kollektorkreis umgekehrt wie bei der Röhre. Im Steuerkreis wirkt so der Kristall in Durchlaßrichtung, im Kollektorkreis in Sperrichtung. Für die in Sperrichtung arbeitende Seite wird die defekteleitende Schicht unwirksam und es bildet sich das hohe Randschichtpotential. Die positive Spitze hat ihre Verlängerung in der defektelektronenleitenden Schicht, die in die Randschicht hereingreift. Eine Steuerung kommt dadurch zustande, daß an der Berührung zwischen Defektelektronen-Leitung und Randschicht eine Abhängigkeit vom Potential der Defektelektronen-Leitung besteht. (Der Kristall wirkt in Durchlaßrichtung im Steuerkreis, im Kollektorkreis in Sperrichtung!) Zwischen den beiden Elektroden bildet sich ein Rückwirkungswiderstand, so daß der Stromfluß durch die Kollektorelektrode vom Stromfluß durch die Emittorelektrode abhängig gemacht wird. Die Spannungen am Emittor sind etwa 2 V, am Kollektor etwa 50 V. Eine Änderung des Emittorstromes gibt eine gleich oder größere Änderung des Kollektorstromes. Die Elektroden des Kristalls, als Träger des Stroms, beeinflussen die Sperrschicht der nahen Kollektorelektrode also so, daß auch im Kollektorkreis ein Strom derselben Größenordnung fließt. So entspricht jede Stromschwankung im Kollektorkreis einer Stromschwankung im Steuerkreis. Der Kollektorkreis bekommt die Stromschwankung vom Steuerkreis aufgegeben. Daher kann der Strom im Kollektorkreis durch einen höheren äußeren Widerstand geführt werden und dort eine höhere Leistung zeigen als der Wechselstrom im Steuerkreis bei. Durch Anlegen einer Rückkoppelung vom Kollektorkreis zum Steuerkreis schwingen die Kreise.

Als Verstärker und Schwingungserzeuger hat der Transistor Leistungen, die unter  $1/10$  W liegen. Als Gleichrichter er bei Millimeterwellen zu gebrauchen, als Verstärker und Schwingungserzeuger nur bei Frequenzen bis 10 Mc ( $\lambda = 30$  m). Die Schwierigkeiten entstehen u. a. durch die hohe Kapazität der Sperrschichten.

Die Ausführungen sind nur allgemein und es ist erklärllich, daß Einzelheiten noch geheim bleiben. Viele wichtige Ergebnisse der Kristallforschung wurden nur gestreift. Die moderne Entwicklung des Transistors läuft parallel mit der Halbleiterforschung. Durch die Entwicklung der Hochfrequenz wuchs die Bedeutung des Kristalls. Beim Empfang von Mikrowellen war schon die Diode (Röhre) wichtig, noch wichtiger wurde der Kristalldetektor infolge der geringen Leitungsverluste.

Der Transistor wird eine Wende in der Hochfrequenztechnik bringen. Er hat eine große Zukunft (Spannung  $\Phi$  Stromverbrauch etwa 3 mA), er eignet sich zur Telekommunikation und zum Bildfunk. Die Frequenzbegrenzung ist allerdings ungünstig. Die Kristallforschung ist wichtig für die Entwicklung der modernen Hochfrequenzphysik.

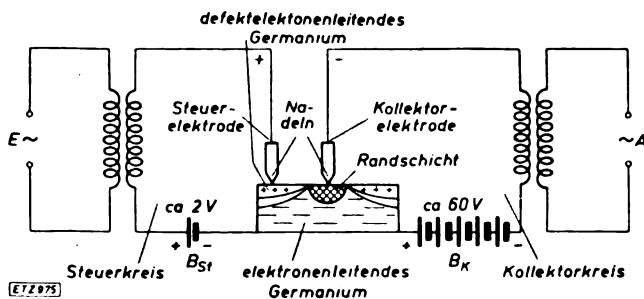


Bild 1. Verstärkerschaltung eines Wechselstromes mit Transistor.

<sup>1</sup> The Transistor a Semi-Conductor Triode. Phys. Rev. 15 (1946) S. 1005-1009

## Die Prüfung elektrischer Maschinen

Von W. Stockmayer, Stuttgart

DK 621.313.08

### Zweck der Prüfungen

Die Prüfung elektrischer Maschinen dient der Feststellung der notwendigen mechanischen oder elektrischen Festigkeit, der Überlastbarkeit und der technischen Kenngrößen, vor allem des Wirkungsgrads und Leistungsfaktors [1].

Bei der Verwendung von elektrischen Maschinen sind vor allem zwei Gesichtspunkte maßgebend: 1. Die Sicherheit des Benutzers (gegen hohe Spannungen), 2. Die Betriebssicherheit und Lebensdauer der Maschine. Sicherheit des Benutzers ist durch die vorgeschriebene Prüfung der Isolationsfestigkeit mit Hochspannung gewährleistet. Diese Prüfung wird an der fertigen Maschine nach den VDE-Regeln für elektrische Maschinen (VDE 0530) vorgenommen. Hierfür wird beispielsweise der Hochspannungsprüfer UH 23 verwendet [2].

### Prüfung der fertigen Maschine

Die Prüfungen werden in der Regel an der fertig zusammengebauten Maschine vorgenommen, sie sind bekannt als Leerlauf-, Kurzschluß- und Lastversuche. Das Drehmoment im Stillstand und Hochlauf wird im Hochlaufversuch ermittelt. Untersuchungen der Vibrationen, Geräusche und Lüftung ergänzen diese Prüfungen. Die Durchführung ist Sache des Prüffeldes, das seine Tätigkeit im allgemeinen aufnimmt, wenn die Maschine von der Fabrikation (oder Werkstatt) abgegeben wird. Das Prüffeld wird über die Ermittlung der grundlegenden Eigenschaften des fertigen Motors hinaus die Maschinen, die sich nicht bewährt haben, näher untersuchen. Aus diesen Untersuchungen können oft wertvolle Hinweise gewonnen werden, um für die Zukunft Schadensfälle und Ausfälle zu vermeiden.

### Überwachung während der Fertigung

Bei elektrischen Maschinen genügt, wie die Erfahrung zeigt, die Prüfung mechanischer Abmessungen allein nicht. In den elektrischen Teilen, Wicklungen, Kurzschlußkäfigen, Kollektoren usw. treten häufig Fehler auf, die beim Probeauf oder nach kurzer Betriebszeit den Ausfall der Maschine verursachen. Werden solche Fehler sofort nach dem Entstehen erkannt, so können sie einfach und schnell beseitigt werden. Gründliche und dichtfolgende Prüfgänge während der Fertigung erfassen den Ausschub rechtzeitig. Sparsamkeit an Zwischenprüfungen gibt höhere Ausschubziffern des fertigen Fabrikats in den Endprüfungen. Häufige Zwischenprüfungen sind um so wirtschaftlicher und um so zweckmäßiger, je kürzer die erforderliche Prüfzeit ist.

### Fertigungsprüfgeräte

**Allgemeines.** — Für die Betriebssicherheit und Lebensdauer ist vor allem der Zustand der elektrischen Bauteile, insbesondere der Wicklungen und Kurzschlußkäfige, maßgebend. Dieser Zustand muß während der Fertigung durch elektrische Prüfungen überwacht werden. Für diese elektrischen Prüfungen sind schon verschiedentlich Geräte hergestellt worden [3]. Zum Beispiel werden Anker-Prüfeinrichtungen beschrieben, bei denen der Anker auf ein mit Wechselstrom erregtes Joch aufgelegt und dann um seine Achse gedreht wird. Fehler werden erkannt durch Stahlblättchen, die über Nuten mit Fehlern vibrieren, oder indem ein Strommesser in der Netzleitung des Jochs beobachtet wird. In manchen Fällen werden sogenannte Anker-Abhörprüfgeräte benutzt, die aus einem Erregermagneten und einer Abhörspule mit Kopfhörer bestehen („Brummer“). Bei Ankern, die in der Größe zum Gerät passen, können hiermit oft brauchbare Ergebnisse erzielt werden. Leider haben solche Geräte eine subjektive Anzeige: „lautes“ Brummen bedeutet: schlecht, „leises“ Brummen: gut. Die akustische Anzeige verlangt Ruhe, während der Prüfung müssen in der Werkstatt die Maschinen abgestellt werden.

Um die Anforderungen an Fertigungsprüfgeräte zu erkennen, ist es vielleicht zweckmäßig, den Gründen für praktisch vorkommende Ausfälle nachzugehen. Auch bei Verwendung besten Materials und bei sorgfältiger Arbeit kommen nämlich immer wieder Ausfälle vor. Diese sind auf verschie-

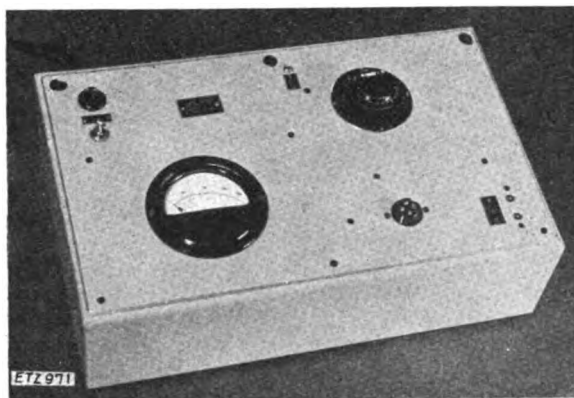


Bild 1. Motorprüfer PM 08. Das Meßgerät.

dene Ursachen, in vielen Fällen auf Windungsschlüsse zurückzuführen. Kurzschlußwindungen treten nicht nur bei mangelhaften Lackdrähten auf, sondern erstaunlicherweise auch bei besten Drähten, die die Durchschlagprüfung, Fehlerzählerprüfung und die Bleistiftprüfung glänzend bestanden haben und die auch die sogenannte Hammerschlagprobe überstehen. Die Wicklungsprüfung muß auch nach dem Einbau der Wicklungen vorgenommen werden, denn schon eine Kurzschlußwindung wäre über kurz oder lang der Tod der Maschine. Eine Kurzschlußwindung führt nämlich, wie bei Untersuchungen über die Lebensdauer elektrischer Maschinen festgestellt wurde, durch die Stromwärme zur Erhitzung der Nachdrähte und damit zu dauernder, lawinenartiger Ausdehnung des Fehlers. Es ist also sehr wesentlich für Lebensdauer und Betriebssicherheit, schon die erste Kurzschlußwindung zu erkennen. Weiter werden oft Schaltfehler beobachtet, in Ständern genau so wie bei Ankern, oder falsche Windungszahlen einzelner Spulen. Sicher ist es einfach, die Windungszahl durch einen Zähler an der Wickelmaschine festzustellen, aber es ist mißlich, wenn nach dem Ausspannen die Windungszahl nicht mehr kontrolliert werden kann. Besonders unangenehm sind nämlich Unsymmetrien in den Wicklungen, die durch falsche Windungszahlen oder durch Vertauschen von Anschlüssen entstehen können. Diese Unsymmetrien verursachen ungleichmäßiges Drehmoment, Geräusche und höhere Erwärmung. Ähnliche Erscheinungen werden verursacht durch mangelhafte Kurzschlußanker. Fehler der Nutstäbe, Bearbeitungsfehler oder Exzentrizitäten führen zu ungleichmäßigem magnetischen Zug, ja zum Hängenbleiben [4, 5]. Von zahlreichen anderen Fehlermöglichkeiten soll zum Schluß noch die Eisenkrankheit erwähnt werden. Diese bedeutet schlechte Isolation der lamellierten Bleche, erhöhte Wirbelstromverluste sowie schlechten Wirkungsgrad.

**Der Motorprüfer.** — Für die Überwachung der Fertigung (oder Reparatur) und für die Prüfung aller Teile von elektrischen Maschinen im Prüffeld oder im Betrieb oder in der Elektrowerkstatt wurde der Motorprüfer PM 08 geschaffen<sup>1</sup>. An das „Meßgerät“ dieses Motorprüfers (Bild 1) werden zur Prüfung „Sonden“ angeschlossen. Das Meßgerät enthält alle Bauteile zur Erzeugung der Meß-Spannung, die Meß-Schaltungen, die Anzeigevorrichtung mit Verstärker und die erforderlichen automatischen Regelvorrichtungen. Mit den leicht auswechselbaren Sonden werden die Maschinen (Stator und Rotoren, Feldspulen und Kurzschlußanker) abgetastet. In den meisten Fällen kommt man mit zwei Sonden aus: Der Stabsonde 10 und der Feldspulensonde 10 (je 10 mm breit). Nur für ganz große oder sehr kleine Maschinen müssen größere oder kleinere Sonden verwendet werden, das Meßgerät bleibt in allen Fällen das gleiche. Für Schallplattenmotoren wird beispielsweise die Feldspulensonde 5 (5 mm breit) verwendet, während für einige Hüttenwerksgeneratoren mit 7 m Dmr. die Stabsonde 40 (40 mm breit) in Gebrauch ist.

<sup>1</sup> Schutzrecht angemeldet.



Bild 2. Prüfung eines Drehstrom-Ständers.

Mit dem Motorprüfer können elektrische Maschinen jeder beliebigen Größe und jeder Type geprüft werden. In Bild 2 ist als Beispiel die Prüfung eines Drehstrom-Ständers gezeigt. Anker werden sinngemäß geprüft. Anzeigt werden sämtliche vorkommenden Fehler, beispielsweise Windungsschlüsse, Unterbrechungen, Körperschluß, Phasenschluß, Lagenschluß, Schaltfehler, Kollektorschluß, falsche Windungszahlen, Fehler an Käfigankern (Unterbrechungen, Haarrisse, falsches Stabmaterial, Querschnittverminderungen wie z. B. Lunker, Kontaktfehler, schlechte Lötstellen, Verschmierungen), Eisenkrankheit. Bild 3 zeigt das Käfigläuferjoch.

Sondermaschinen können mit passenden Sonden ebenfalls geprüft werden. Auch in schwierigen Fällen werden einwandfreie Ergebnisse erzielt. Spulen ohne Eisenkern — etwa Schablonenwicklungen oder Feldspulen vor dem Einbau — können leicht und genau untersucht werden, als Sonde wird das Spulen-Prüfjoch benutzt. Zur Kontrolle der Windungszahl solcher Spulen wird das Zähljoch angeschlossen.

Im Meßgerät sind, je nach der Aufgabe, verschiedene Meßverfahren<sup>2</sup> angewendet. Durch Anschließen der Sonde wird selbsttätig das für die betreffende Sonde am besten geeignete Meßverfahren gewählt. Bei der Stabsonde 10 wird zum Beispiel ein magnetisches Verfahren benutzt: vom Meßgerät wird eine mittelfrequente Leistung abgegeben, die in der Sonde ein magnetisches Feld aufbaut. Dieses Feld durchsetzt die zu prüfende Wicklung. Hat die Wicklung Fehler (z. B. eine Kurzschlußwindung), so wirkt dieser Fehler auf die Sonde zurück. Die Rückwirkung wird im Meßgerät verstärkt und von dem Instrument angezeigt. Andere Sonden arbeiten nach einer Brückenschaltung, wieder andere wattmetrisch. Beim Prüfjoch für Spulen oder beim Zähljoch zur Windungszahlkontrolle werden elektronische Verfahren zur Dämpfungsmessung oder Kompensationsverfahren verwendet.

Bei sämtlichen Prüfungen wird das Ergebnis in dem großen Meßinstrument des Motorprüfers deutlich angezeigt. Diese optische Anzeige ist völlig objektiv, d. h. vom Prüfer und äußeren Bedingungen unabhängig. Sie gibt Zahlenwerte für die Größe des Fehlers (damit ist auch die Festlegung von Toleranzen möglich) und ermittelt auch ganz kleine Fehler. Sie liefert so ein unbedingt zuverlässiges Ergebnis und trägt wesentlich zur Beschleunigung der Prüfungsarbeit bei. Die Anzeige des Instruments ist nicht linear, sondern im Bereich großer Ausschläge gedämpft, damit das Instrument bei groben Fehlern geschützt ist. Diese logarithmische Kennlinie ist durch eine Gegenkopplungsschaltung erreicht. Die erforderlichen Regelungen erfolgen selbsttätig, während der Prüfung müssen keine Regler oder Schalter betätigt werden. Die Bedienung des Gerätes ist daher besonders einfach. Auch wenig geübtes Personal kann einwandfrei

Prüfungen vornehmen, denn das Gerät hat die Eigenschaften eines Halbautomaten, es nimmt dem Prüfer den schwierigen Teil der Arbeit ab.

Alle Prüfungen erfordern nur wenige Sekunden, daher können sie überall leicht in den Arbeitsablauf eingebaut werden, auch bei der Band- oder Taktfertigung. Sie werden am besten nach den Arbeitsgängen vorgenommen, bei denen leicht Fehler auftreten können.

Bei der Fertigung elektrischer Maschinen ist damit gewährleistet, daß nur einwandfreie Teile weiterverarbeitet werden. So ist erreicht, daß keine Arbeit und kein Material mehr an solche Maschinen verschwendet werden, die später wegen nicht erkannter Fehler ausfallen. Dies führt zur Verminderung von Ausschubzahlen und Nacharbeitszeiten und damit zur laufenden Einsparung von Lohn- und Materialkosten.

Bei der Reparatur wird zeitraubendes Suchen nach Fehlerstellen vermieden, unnötiger Kupferverbrauch wird erspart, es braucht z. B. in der Regel nicht der ganze Ständer neu gewickelt zu werden, wenn nur eine Spule schadhaft ist. Bisher nicht erkannte Schadensursachen können aufgedeckt und damit vergebliche Arbeit eingespart werden. So führt z. B. unbemerkte Fehler der Nutstäbe in einem Käfigläufer zum wiederholten Durchbrennen der Ständerwicklung. Zwischenkontrollen vor dem Zusammenbau sichern, daß die Maschine keine Fehler mehr enthält.

Bei Maschinen, die im Betrieb besonders hoch beansprucht werden, z. B. bei elektrischen Bahnmotoren, Kraftwerksgeneratoren, Walzwerks- oder Bergwerks-Antrieben ist die regelmäßige Überwachung mit PM 08 ebenso üblich, um größere Schäden zu verhüten, wie bei den Motoren fertigungswichtiger Maschinen. Die Instandsetzung eines früh erkannten kleinen Fehlers erfordert weit weniger Aufwand als eine Reparatur nach völligem Ausfall. Bei größeren Maschinen kann diese Überwachung sogar oft ohne Ausbau des Rotors erfolgen. Auf diese Weise können Ausfälle betriebswichtiger Maschinen nahezu völlig verhütet und Verluste durch Fertigungsunterbrechungen vermieden werden.

### Zusammenfassung

Zunächst wird der Zweck der Prüfungen an elektrischen Maschinen kurz beschrieben. Nach einer Aufzählung der verschiedenen Prüfungen im fertigen zusammengebauten Zustand wird über die Notwendigkeit einer ausreichenden Überwachung während der Fertigung berichtet. Dann werden Fertigungsprüfgeräte, insbesondere der Motorprüfer PM 08 beschrieben. Die Anwendung dieses Prüfgerätes bietet nach Urteilen der Praxis die Gewähr für einwandfreien Probelauf und die erforderliche Betriebssicherheit der Maschine. Zur Prüfung von großen Stückzahlen einer Type, etwa bei der Bandfertigung, stehen vollautomatische Prüfeinrichtungen zur Verfügung.

### Schrifttum

- [1] Nürnberg: Die Prüfung elektrischer Maschinen. Julius Springer, Berlin 1948.
- [2] Die Prüfung der Isolierfestigkeit. Techn. Mitt. ETL TM 231 D. Beilagen zur Zeitschrift der Fa. Elektrotechn. Laboratorium Stuttgart.
- [3] R a s k e: Wicklungsprüfeinrichtungen für elektrische Maschinen. Arch. techn. Messen Z 731—2.
- [4] Prüfung von Käfigläufern. Techn. Mitt. ETL TM 084 D (entsprechend Z 731—2).
- [5] V a y h i n g e r: Messungen an Käfigläufern. Arch. techn. Messen Z 7251—4.



ETZ 974

Bild 3. Das Käfigläuferjoch.

<sup>2</sup> Siehe Fußnote 1.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311.1 (42)

**Ausbau des britischen Hochspannungsnetzes.** [Nach Electr. Tms. 119 (1951) S. 217; 1 S., 1 B.]

Die oberste britische Elektrizitätsbehörde, die B. E. A. hat nun die Pläne für den Ausbau des britischen Hochspannungsnetzes gebilligt. Als Rückgrat des Systems kann die vorgesehene Hochspannungsleitung von Glasgow in Schottland über Newcastle, Sheffield nach London angesehen werden (Bild 1). Für diese Strecke, sowie für die meisten Abzweige ist eine Spannung von 275/300 kV vorgesehen, während für

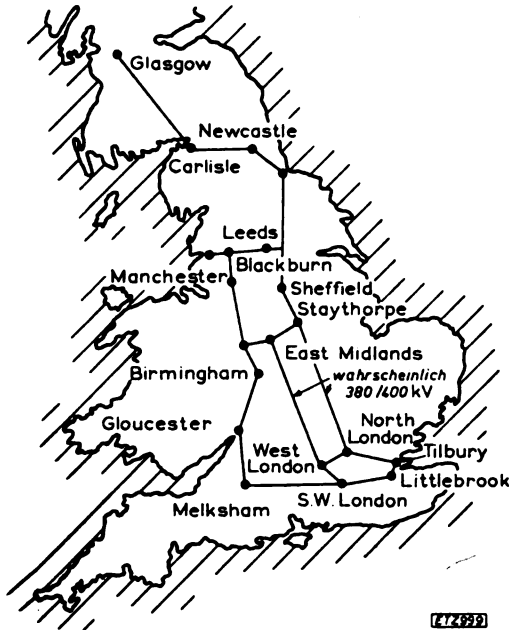


Bild 1. Das britische Hochspannungsnetz. Plan für 1960.

in den Midlands kürzere Strecken wie z. B. von London nach den Midlands eine Spannung von 380/400 kV geplant ist. Das Netz soll in Etappen bis 1960 fertiggestellt sein. Es wird eine Anzahl neuer Kraftwerke und Umspannstationen für die Zusammenarbeit mit den bestehenden 132 kV-Netzen vorgesehen. Für diese Werke sind die Pläne noch nicht abgeschlossen. WH

DK 621.311.21 (411)

**Wasserkraftentwicklung in Schottland.** [Nach J. Williams: Power Engng. 54 (1950) H. 12, S. 72; 3 S., 3 B.]

Die Nordschottische Wasserkraftbehörde, die 1943 durch Parlamentsbeschluss gegründet wurde, betreibt bis jetzt 19 Kraftwerke mit 630 MW und 1,6 Mia. kWh Jahreserzeugung. Der Ausbau von weiteren 28 Anlagen mit 600 MW und 1,7 Mia. kWh wurde beschlossen. Darunter fallen die Werke Loch Sloy mit 130 MW, Clune mit 57 MW, Errochty mit 75 MW und Glen Affric mit 66 MW. Im endgültigen Ausbau soll das System 102 Werke mit 1 041 MW und 3 Mia. kWh jährlicher Erzeugung umfassen.

Loch Sloy soll als Spitzenwerk gefahren und Sitz des Speicherkraftwerks werden. Es handelt sich meist um Speicherkraftwerke mit natürlichem Zulauf, die in einem sehr niederschlagsreichen Gebiet liegen.

Außerdem hat die Behörde Forschungen eingeleitet, um die Verwendung der zahlreichen Torfvorkommen zur Energieerzeugung mittels Gasturbinen zu studieren. Gr

DK 621.311.1 : 6261.317.3

**Ausbau und Anwendung des österreichischen Netzmodells.** [Nach W. Erbacher: Ost. Z. Elektrizitätswirtsch. 3 (1950) S. 157; 5 S., 8 B.]

Die Österreichische Verbundgesellschaft hat ein Wechselstrom-Netzmodell erstellen lassen, um statische und dynamische Probleme der Energieübertragung, insbesondere für

das österreichische Verbundnetz ohne zeitraubende Rechnungen lösen zu können. Das Netzmodell ist einphasig ausgeführt, kann aber auch zum Studium unsymmetrischer Vorgänge dreiphasig unter entsprechender Kürzung der darstellbaren Leitungslängen betrieben werden. Es wird durch einen Drehstrom-Synchrongenerator 220 V, 30 kVA, 50 Hz gespeist, der von einem feinstufig regelbaren 15 kW-Gleichstrom-Kompoundmotor angetrieben wird. Die Generatorspannung hält ein Regler auf  $\pm 0,5\%$  konstant. Die starke Überbemessung des Maschinensatzes soll die Frequenz- und Spannungshaltung bei den Versuchen sichern. Die Kraftwerke bzw. die Generatoren des Netzes werden nach Bild 2 durch einen dreiphasig gespeisten Drehregler mit einem induktiven Spannungsteiler im Sekundärkreis nachgebildet. Mit dem Drehregler wird die Wirkleistungsabgabe und mit dem induktiven Spannungsteiler die Blindleistungsabgabe des einzelnen Kraftwerkes geregelt. Das eigentliche Modellnetz wird aus einzelnen Bausteinen auf einer Tafel von 2,7 m Höhe und 5 m Breite aufgebaut, die 25 Schubfächer zur Aufnahme der aus R-, L- und C-Elementen nachgebildeten Leitungsabschnitte oder Verbraucher enthält. Die Zusammenschaltung erfolgt nur auf der Rückseite der Tafel, auf der Vorderseite wird das Netzbild mit Kreide aufgezeichnet. Es sind 7 Reihen mit 120

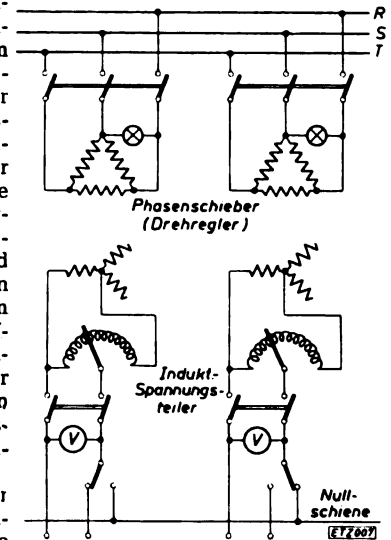


Bild 2. Schaltbilder zweier Ersatzgeneratoren.

Knotenpunkten vorgesehen. Die Knotenpunkte gestatten das Zusammenschalten einzelner Leitungs-, Kraftwerks- und Verbraucher-Nachbildungen. An 4 Messerkontakten, die rückwärts zu Klemmen führen, werden die Leitungsenden, Generatoren oder Verbraucher angeschlossen, mit Verbindungssteckern schließt man die Messerkontakte mit dem Knotenmittelpunkt zusammen. Die Knotenpunkte sind zur Kontrolle aus der Tafel herauschwenkbar. Auf der Vorderseite der Tafel werden von den Knotenpunkten die zu messenden Ströme oder Spannungen über Steckerschneüre an den fahrbaren Meßtisch geleitet. Insgesamt sind je 2000 Stück R- und L-Elemente sowie 3000 C-Elemente vorgesehen. Die R-Elemente bestehen aus 3 Dekaden von 1 ... 900  $\Omega$  und für Abgleichzwecke 0,2, 0,4, 0,6 und 0,8  $\Omega$  und sind induktionsfrei mit einer Toleranz von 1%. Die L-Elemente bestehen aus 3 Dekaden von 1 ... 900  $\mu$ H, deren Eisenkerne aus sehr verlustarmen Blechen hergestellt sind, um größtmögliche Stromunabhängigkeit des L-Wertes zu erreichen. Die Toleranz beträgt 2% bei einem Stromverhältnis von 1:50, der Wirkwiderstand 10% des Blindwiderstandes. Die C-Elemente bestehen aus 3 Dekaden von 0,5 ... 500 nF, mit einer Toleranz von 1% und einem Fehlwinkel von einigen Promille. Die Spannungen und Ströme mißt man nach Größe und Phasenlage am Meßtisch mit 2 Vektormessern. Neben der Lösung von Problemen der Energieübertragung gestattet das Netzmodell mit Hilfe eines Oszillographen und einiger Zusatzeinrichtungen auch die Lösung von Differentialgleichungen aus den verschiedensten Gebieten der Technik und Physik. Zd

DK 621.311 : 338.5

**Kostenechte Preise in der elektrischen Energieabtwirtschaft.** [Nach J. Muthig: Dissert. Aachen 1948]

Das Kostenfindungs- und noch mehr das Kostenverteilungs- und Preisproblem in der Elektroenergiewirtschaft erscheint weder theoretisch noch praktisch befriedigend gelöst. Die Dissertation H. Junge (Darmstadt 1936 bei Prof. R. Schneider) hat zwar den Beweis erbracht, daß das ge-

nannte Problem entsprechend der Eigenart der Energieversorgung auf rein analytischem Wege nicht zu lösen sei, kommt aber über die sehr aufschlußreiche Darlegung von etwa 25 verschiedenen Verfahren der damals bekannten Literatur nicht wesentlich hinaus.

In seiner Dissertation bei Prof. Maedg e in Aachen gibt J. Muthig eine grundsätzlich und methodisch neue Bearbeitung insbesondere der Selbstkostenermittlung und Kostenverteilung. Als Ausgangspunkt hierfür wird die Stromversorgung nicht als Absatz einer irgendwie gearteten „Ware“ = kWh angesehen, was von vorneherein in die Irre führt, sondern als Dienstleistung, deren Realität beim Urheber der Dienstleistung sowohl als auch bei dem diese Dienstleistung im Gesamtvorgang der Energieversorgung in Anspruch nehmenden sog. Verbraucher, durch die Belastungskurven, besser Belastungslinien, nach Umfang und Art allein richtig wiedergegeben wird. Die Belastungslinien werden zum alleinigen Kostenträger erhoben, die Festkosten insbesondere im Belastungslinienvergleich zugeteilt, und zwar in Summe pro Zeiteil, etwa eine Stunde h von 0—24, wobei aber die verglichenen Belastungslinien in der gleichen Weise statistisch für das ganze Jahr oder Sommer und Winter getrennt ermittelt sind.

Innerhalb des die wirklichen Belastungslinien umschließenden Rechteckes aus  $S_{Ni}$  = Spitzenleistung im Netz oder Netzteil in kWh/h und der Jahresstundenzahl wird mit den Stundenmittelwerten  $L_{Ni+}$ ,  $L_{Ni-}$ ,  $L_{vi+}$ ,  $L_{vi-}$  in kWh/h, also den im Netz oder Netzteil abgegebenen oder gerade ruhenden und der beim Verbraucher in Anspruch genommenen oder ruhenden kWh/h der jeweilige Festkostenanteil für Verbrauch und Ruhelast getrennt ermittelt. Der Kostenanteil des Verbrauchers ist dann z. B.  $k_{vi+} = k_{fiN+} \cdot q_{vi+}$ , von der Netzabgabe für die Abnahme  $L_{vi+}$  und  $k_{vi-} = k_{fiN-} \cdot q_{vi-}$ , Kostenanteil für den Ruheverbrauch, usw. Im Rahmen der Richtigkeit der Tages-Jahreslinie ergeben sich so schließlich nur auf Messungen ruhende Kostenanteile und Preise.

Sb

Elektrische Maschinen

DK 621.313.12.043.3

Leichtgewichtrotoren für Turbogeneratoren. [Nach T. de Koning: Electr. Engng. 69 (1950) S. 694; 1 S., 2 B.]

Es wurde eine neue Ausführung für die Läuferwicklung von Turbogeneratoren vorgeschlagen, die infolge geringeren Gewichtes höhere Umfangsgeschwindigkeiten und damit höhere Grenzleistungen für Turbogeneratoren zuläßt.

Die Wicklung liegt nicht mehr wie bei der bisher üblichen Ausführung nach Bild 3 links in parallelförmigen Nuten, sondern entsprechend Bild 3 rechts in konischen Nuten, die so gerundet sind, daß auch die Nutenverschlußkeile eingespart werden können. Die mechanische Beanspruchung an der Zahnwurzel wird damit auf einen Bruchteil herabgesetzt und auch die magnetische Beanspruchung geht wesentlich zurück. Die Leiter bestehen aus Magnesium und benötigen mithin bei gleichem Widerstand einer Windung den 3fachen Querschnitt von dem des Kupferleiters.

Bei den bisher normalen Läufern stehen für die Leiter 40% des Nutenraumes zur Verfügung. 40% werden für die Isolation und 20% für den Nutenverschlußkeil und den Kühlkanal am Nutengrund beansprucht. Bei den Leichtgewicht-Rotoren kann der Nutenraum um 20% vergrößert werden und über 85% dieses vergrößerten Raumes stehen für die Leiter zur Verfügung. In der bisherigen Ausführung ist beim 2poligen 50 MVA-Turbogenerator für 60 Hz das Temperaturgefälle in der Läuferisolation etwa 24°, im Läuferzahn weitere 24°. Nimmt man an, daß bei den Leichtgewichtrotoren 1/4 des äußeren Umfangs durch die mittleren Leiter bedeckt wird und diese 2/3 der Wärme abführen, so sind über die Zähne nur noch 1/3 der Verluste abzuleiten. Das Temperaturgefälle beträgt hier mithin nur noch 8°.

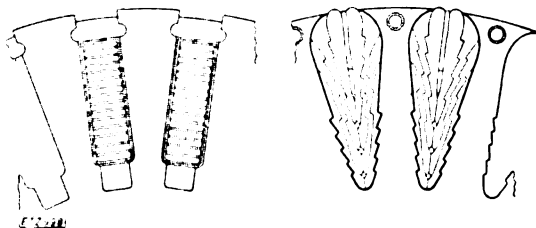


Bild 3. Schnitt durch die Rotornuten.

Die oxydierten und zusätzlich lackierten Leiter werden nacheinander eingelegt und auseinandergespreizt. Die Nutenwand ist mit einer dünnen Isolierschicht versehen. Der zum Schluß eingetriebene Keil sichert ein luftfreies Aufeinanderliegen der Leiter und ist dabei so schmal, daß seine Zentrifugalkraft ohne Bedeutung bleibt.

DK 621.313.29

Neues über den Bau von Metaumformern. [Nach A. Carrer: Elettrotecnica 37 (1950) S. 533; 10 S., 20 B.]

Unter dem Namen Metaumformer hat Pestarini eine Quersfeld-Gleichstrom-Einankerumformer zur Speisung und Regelung von Gleichstrom-Bahnmotoren entwickelt. Der Umformer entspricht in seinem Aufbau einer Gleichstrommaschine mit einer 2p-poligen Ankerwicklung jedoch mit 4p Teipolen sowie 4p Bürstenachsen und mehreren Nebenschleifen-Erregerwicklungen auf den Teilpolen. Von den Bürstenachsen sind 2p mit der Stromquelle (Netz, Batterie) und die anderen 2p um 90 elektrische Grad versetzt mit den zu speisenden Bahnmotoren verbunden. Während die bisherigen Metaumformer zur Aufrechterhaltung der Drehzahl eine Regelwicklung und einen Regelgenerator benötigen, gibt Carrer eine neue Schaltung nach Bild 4 an, bei der diese zusätzlichen Einrichtungen nicht erforderlich sind. Es bedeuten  $C_1$  bzw.  $C_2$  die Kompensationswicklungen in der Primär- bzw. Sekundärachse,  $K_{121}$  und  $K_{122}$  die Erregerwicklungen an der Spannung zwischen den Bürstenachsen 1 und 2,  $K_{231}$  und  $K_{232}$  die Erregerwicklungen an der Spannung zwischen den Bürstenachsen 2 und 3,  $S_2$  eine Stabilisierungs- (Reihenschluß-) Wicklung in der Primärachse vom Sekundärstrom  $I_2$  durchflossen, und  $K_e$  die Steuerwicklung, mit der der Sekundärstrom (Ankerstrom der Motoren) eingestellt wird. Der Sekundärstrom  $I_2$  und damit das Drehmoment der konstant erregten Fahrmotoren ist proportional der Steuererregung, dagegen unabhängig von der Primärspannung  $U_1$  und Sekundärspannung  $U_2$ . Sieht man von ohmschen Verlusten und Eisen-sättigung ab, so wird die Drehzahl des Metaumformers durch die Erregerwicklungen  $K$  konstant gehalten, und es gilt  $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ .

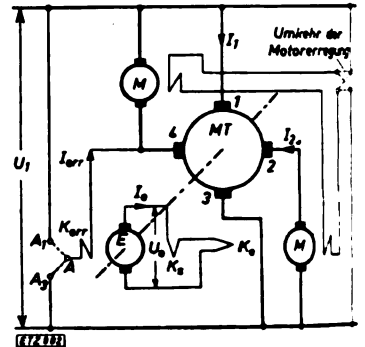


Bild 4. Schaltbild des Metaumformers

Ein Metaumformer in der beschriebenen Schaltung ist in den Akkumulatoren-Triebwagen der Bahn in Decauville eingebaut. Hier wurde unter anderem gefordert, daß der Batteriestrom und die Drehzahl der Motoren einen bestimmten Höchstwert nicht überschreiten. Die Zusammenschaltung des Umformers mit den Fahrmotoren in der sogenannten Achterschaltung zeigt Bild 5. Die Polwicklungen des Umformers sind hier nicht gezeichnet. Die Erregermaschine E bildet mit dem Umformer ein Ganzes. Ein Längs- und Querschnitt veranschaulichen den Zusammenbau und die Luftführung des Maschinensatzes. E wird von  $U_2 = U_{42}$  erregt. Schaltet man auf  $A_3$ , bei Halt auf  $A_1$ , wodurch die Motoren auch gebremst werden, ganz gleich, ob sie vor- oder rückwärts laufen. Meßergebnisse sind in Kurven zusammengestellt. Sie zeigen den Verlauf von  $I_1$ ,  $I_2$  und des Erregerstroms abhängig von der Sekundärspannung  $U_2$  zwischen -100 und +100 V. Die aufgenommene Leistung der beiden Motoren in Achterschaltung beträgt  $2 \cdot U_{41} \cdot I_{24}$ ; dies gilt auch für den Fall, daß beide Motoren ungleich belastet sind.

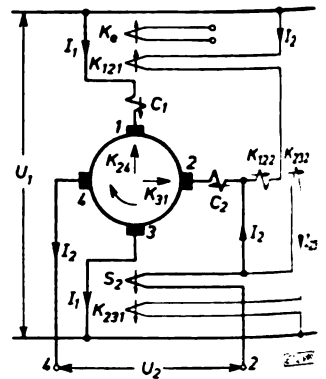


Bild 5. Metaumformer und Fahrmotor in Achterschaltung.



der eine Motor beispielsweise infolge Radrutsch entlastet ist. Wird ein Motor abgeschaltet, so nimmt der andere die doppelte Leistung auf. Selbstverständlich können in jeder Schleife der Achterschaltung nach Bild 5 auch 2 oder mehr Motoren parallel betrieben werden, sofern sie gleich (gemeinsam) erregt werden.

Zrn

DK 621.313.12 : 621.311.21

**Ein bemerkenswerter Vertikal-Wasserkraftgenerator.** [Nach V. L. Koran: Elektrotechn. Obzor 39 (1950) S. 171.]

Die Konstruktion eines Wasserkraftgenerators wird im Wesentlichen durch die Durchgangsdrehzahl der Turbine bestimmt. Dies zeigt besonders klar ein Aufsatz von V. L. Koran, in welchem ein Wasserkraftgenerator, in seinem konstruktiven Aufbau ausführlich beschrieben wird. Der von den Skoda-Werken, Pilsen, gelieferte Generator hat eine Nennleistung von 16 000 kVA bei 125 U/min., 10,5 kV, 50 Hz und  $\cos \varphi = 0,80$ . Die Ladeleistung des Generators beträgt 10 000 kVA bei 10 kV. Der Vertikal-Generator wird durch eine Kaplan-turbine mit einer Durchgangsdrehzahl von 370 U/min. angetrieben, d. h. der 3fachen der Nenn-drehzahl. Der Generator hat ein Segment-traglager der Firma Voith; es ist für eine Gesamtbeanspruchung von 400 t bemessen, wobei die Durchbiegung der Lagerkonstruktion 0,5 mm nicht übersteigt. Von den zwei Führungslagern ist das erste unterhalb des Traglagers, das andere oberhalb des Generatorläufers angeordnet. Die Wasserturbine hat überdies ein besonderes Führungslager. Für den Generatorläufer wurde nach eingehenden Studien die Blechsegmentkonstruktion gewählt, da eine Stahlguß-Konstruktion infolge der unvermeidlichen Gußtoleranzen (15 mm) zu große zusätzliche einseitige Beanspruchungen ergibt, die bei der Blechkonstruktion wegfallen. Der Blechkranz wird von 12 Armen getragen und durch passende Wahl einer Vorspannung derart montiert, daß bei Lauf mit normaler Drehzahl praktisch keine zusätzlichen Zugbeanspruchungen der Arme auftreten. Diese Maßnahme hat zur Folge, daß der Läufer, selbst bei der Durchgangsdrehzahl, außerordentlich ruhig läuft. Die Läuferarmkonstruktion ist aus Stahlguß; doch will man in Zukunft die bequemere geschweißte Konstruktion vorsehen. Besondere Sorgfalt erfordern die Durchbildung und die Befestigung der ausgeprägten Pole, die bei einem Einzelgewicht von 690 kg, bei der Durchgangsdrehzahl eine Einzelliehkraft von 300 t ergeben. Die dabei auftretende Umfangsgeschwindigkeit beträgt 114 m/s. Der vollständige Läufer wiegt 120 t. Oberhalb des Generators sind auf einem besonderen Armkreuz die Haupterregermaschine und ein Hilfsgenerator angeordnet; der letztere, mit permanenten Magneten ausgerüstet, dient zur Betätigung des Turbinenreglers. Das Ständergehäuse ist geschweißt ausgeführt und enthält drei Paar eingebaute Wasserkühler für die Umlaufkühlung des Generators. Der Generator enthält weiter sechs hydraulisch betätigte Bremsen, die den unerregten, vom Netz abgeschalteten Generator innerhalb von 5 min. zum Stillstand bringen. Die Bremsenrichtung dient außerdem dazu, den Läufer bei Stillstand festzuhalten, um damit Arbeiten am Traglager zu ermöglichen. Der Generator wurde einer eingehenden Prüfung bzgl. der Verformungen des Polrades unterworfen. Die Zweckmäßigkeit der gewählten Konstruktion fand ihre Bestätigung. Bemerkenswert ist schließlich noch die Messung am Traglager, die an einem extra angefertigten Modell (1:10) durchgeführt worden ist. Über die elektrischen Verhältnisse enthält der Aufsatz keine Angaben. Der beschriebene Generator gehört zu den größten in der Tschechoslowakei bisher gebauten Wasserkraftgeneratoren.

JKo

DK 621.313.29 : 621.319.35

**200 000 Volt durch kleine elektrostatische Generatoren.** [Nach P. H. H. Mardinqer: Electricité 34 (1950) S. 254.]

Französische Forschungen in der staatl. Forschungsanstalt Laboratoire National de la Recherche Scientifique führten zu kleinen Generatoren, die Spannungen von 10 000 ... 200 000 V bei 0,01 ... 10 mA liefern.

Aus der Erkenntnis heraus, daß nur die Tangentialkomponenten der auf die Metallbeläge wirkende Kräfte ausgenutzt werden, verließ man die dünnen Stanniolbeläge und kam zu dicken, gut abgerundeten Metall-Lamellen und Drehsegmenten von einer Dicke zwischen 2 und 6 mm. Dies deckt

sich mit den Erfahrungen von Rogowski<sup>1</sup>, der — zwar bei größeren Maschinen — gute Erfolge mit an den Köpfen gut abgerundeten Rohren erzielte.

Der Rotor ist dicht abgekapselt und steht unter einem Druck von 25 ... 30 at (bei dem kleinsten Generator von 70 000 V und 120  $\mu$ A z. B. Luft-Stickstoff-Gemisch), wodurch die ursprüngliche Leistung auf das 200fache ansteigt. Die Feldstärke erreicht so 1500 ... 2000 elst. E., was energiemäßig 1500 ... 2000 Gauß entspricht, und man hofft, Feldstärken von etwa 2500 ... 3000 elst. E. zu erreichen.

Der Generator hat Abmessungen von rd. 35 cm Länge und 15 cm Dmr., erregt sich selbst und kann durch Elektromotor, Benzinmotor oder von Hand angetrieben werden. Er besteht aus Leichtmetall und Kunststoff<sup>2</sup> und wird schon in Serien hergestellt, beispielsweise mit Handantrieb für die Landwirtschaft zum Aufladen zerstäubter Insektenvertilgungsmittel, die dann an den Gewächsen besser haften.

Fu

DK 621.316.573 : 621.317.59

**Der Ipsotherm-Motorschutz.** [Nach E. Hopferwieser: BBC-Mitt. 38 (1951) S. 203; 5 S., 9 B.]

Für den thermischen Schutz von Motoren hat sich der Motorschutzschalter gut bewährt. Im allgemeinen ist der Schalter mit einem Bimetallstreifen ausgestattet, der von dem Motorstrom durchflossen wird. Unter dem Einfluß dieses Stromes wird der Streifen erwärmt, er biegt sich durch und schaltet im Falle einer Überlastung aus. Er stellt also das thermische Abbild der Motorwicklung dar. Allerdings ist dies nur unter bestimmten Voraussetzungen der Fall. Insbesondere muß die Zeitkonstante des Schalters der des Motors genau angepaßt sein. Das läßt sich aber nicht erreichen, wenn der Motor ständig wechselnden Bedingungen unterworfen ist, vor allem, wenn er mit verschiedenen Drehzahlen oder bei intermittierendem Betrieb arbeitet.

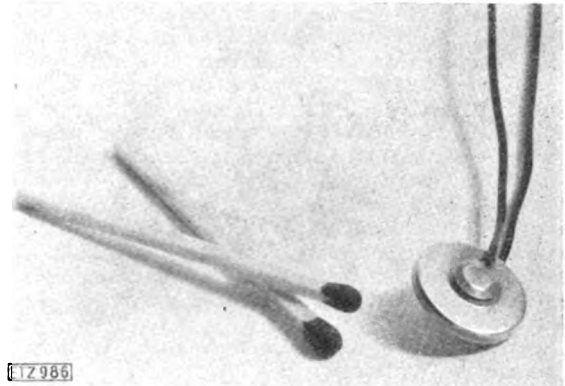


Bild 6. Ipsothermostat im Vergleich zu Streichhölzern.

Für diesen Fall hat BBC den Ipsotherm-Motorschutz entwickelt. Es handelt sich um eine kleine, etwa pfenniggroße, mit einem isolierten Kontakt versehene Metallkapsel, die eine Kippmembrane aus Bimetall enthält (Bild 6). Dank der Kleinheit der Kapsel kann man sie leicht in die beiderseitigen Wickelköpfe des zu schützenden Motors einbetten. Bei Übererwärmung schnappt die Membrane durch und schaltet den Motor aus. Trotz der verhältnismäßig hohen Schaltleistung des Kontaktes wird man den Ipsothermostaten im allgemeinen nur dazu verwenden, die Spule des Motorschützes zu steuern.

Die Thermostaten werden für Temperaturen von 90 ... 175 °C gebaut. Dank ihrer kleinen Masse ist ihre Zeitkonstante klein, so daß sie der Temperatur in der Wicklung praktisch ohne Verzögerung folgen können. Der Unterschied zwischen Ansprech- und Rückschalttemperatur beträgt nur 15°, so daß der Motor nach kurzer Abkühlzeit wieder eingeschaltet werden kann. Der Ipsothermostat unterliegt nur einer geringen Alterung. Über 1½ Jahre dauernde Versuche im elektrisch geregelten Ofen ergaben keine Änderung der Ansprechtemperatur. Außerdem halten die Kapseln bis zu 80 000 Schaltungen aus, ein Mehrhundertfaches von dem, was in der Praxis je vorkommen kann.

<sup>1</sup> DRP 567 642

<sup>2</sup> s. a. ETZ 71 (1950) S. 279.

Wenn eine Maschine bei Überlastung nicht sofort abgestellt werden darf, benutzt man den Thermostaten, um ein Warnsignal auszulösen. Z. B. werden alle neuen Schweißumformer von BBC mit diesem Motorschutz ausgestattet. Bei Überlastung der Maschine ertönt ein Signal, der Arbeiter wird gewarnt, kann aber die Elektrode noch zu Ende schweißen. Außerdem besteht die Möglichkeit, Thermostaten mit verschiedenen Ansprechtemperaturen einzubauen. Falls das Signal nicht beachtet wird, schaltet der andere Thermostat den Motor ab.

WH

### Stromrichter

DK 621.314.65.015.532

**Die Spritzentladung, eine Rückzündungsursache der Quecksilberdampf-Stromrichter.** [Nach Th. Wasserrab: Arch. Elektrotechn. 40 (1951) S. 171; 6 S., 3 B.]

A. Güntherschulze und H. Fricke haben eine Abart der Glimmentladung entdeckt, die ohne Hittorfschen Dunkelraum und ohne Kathodenfall besteht und von ihnen Spritzentladung genannt wurde. Sie entsteht, wenn auf einem Halbleiter als Unterlage winzige, hochisolierende Körnchen aufliegen. Durch die Positionen einer zunächst vorhandenen Townsendentladung werden die Körnchen so hoch aufgeladen, daß ein für Feldelektronenemission ausreichendes Feld entsteht. Die emittierten Elektronen leiten dann die Spritzentladung ein. In einem Quecksilber-Stromrichter haben die Positionen des Rückstromes im Beginn der Sperrphase die gleiche Wirkung. Wasserrab entwickelt zunächst die Theorie der Spritzentladung, und erhält eine Formel, die den Zusammenhang zwischen Spannung, Stromdichte der Townsendentladung und Temperatur der isolierenden Körnchen wiedergibt, wobei angenommen ist, daß die Leitfähigkeit der Körnchen nach einer e-Funktion der absoluten Temperatur steigt. Es zeigt sich, daß bei Temperaturen über 300 °C bereits sehr große Ionenstromdichten nötig sind. Dann wird weiter die Wanderung schwebender isolierender Teilchen im elektrischen Felde untersucht und gezeigt, daß Teilchen mit einem Radius  $< 10^{-5}$  cm in einem Vakuumlichtbogen gegen die Schwerkraft zur Anode wandern können. Das kann dann dadurch zum Umschlag der Entladung in einen Lichtbogen, also zu einer Rückzündung führen, daß die auf der Anode sitzenden Teilchen, wie beobachtet, durch die Spritzentladung schnell zerstört werden. Hierbei treten Funken auf, die den Lichtbogen einleiten. Damit ergeben sich als wesentlich für die Ausbildung der Spritzentladung und damit für die Rückzündung: 1. Die Trägerdichte bei Beginn der Sperrzeit, die ihrerseits von der Dampfdichte, Stromdichte, Überlappungsdauer und den geometrischen Abmessungen abhängt. 2. Die Entionisierungszeitkonstante, die von der Dampfdichte und den geometrischen Abmessungen abhängt. 3. Die Anodentemperatur.

Die bisher vorliegenden Versuchsergebnisse bestätigen die Theorie des Verfassers. Gsch

### Kondensatoren

DK 621.319.4.015.51

**Lebensdaueruntersuchungen an Kondensatoren.** [Nach H. Kromann Kristensen: Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences 1949, No. 5; 64 S.]

In dieser Arbeit wird über Lebensdaueruntersuchungen an papierisolierten Wickelkondensatoren berichtet. Zur Untersuchung standen Kondensatoren mit Kapazitäten von 0,005 und 0,01 µF von zwei verschiedenen Herstellern zur Verfügung. Beide Typen besaßen zwei Lagen Kondensatorpapier von je 0,01 mm Dicke. Die Kondensatoren des einen Herstellers waren mit Paraffin imprägniert, in eine Hülse aus paraffiniertem Papier eingebaut und an den Stirnflächen mit Kompond vergossen, während die Kondensatoren des anderen Herstellers mit synthetischem Wachs imprägniert, in Papperörchen eingebaut und an den Stirnflächen mit Metallstücken abgeschlossen waren.

Untersucht wurden der Einfluß der Gleichspannung, und zwar sowohl einer dauernd, als auch einer mit Unterbrechungen angelegten Spannung, und der Einfluß von Feuchtigkeit und Wärme auf die Lebensdauer der Kondensatoren. Als Ergebnis dieser Versuche wird in der Arbeit ein mathematisch formulierter Zusammenhang zwischen Lebensdauer, Spannung und Temperatur angegeben.

Ferner wurde während der Dauerversuche der Isolationsstrom gemessen, um festzustellen, ob dieser vor dem Durchschlag ansteigt. Dabei konnte kein eindeutiger Zusammenhang

gefunden werden. In einigen Fällen stieg der Isolationsstrom mehr oder weniger vor dem Durchschlag, in anderen Fällen trat der Durchschlag plötzlich ohne eine merkbare Stromveränderung ein.

Schließlich wurde bei den durchgeschlagenen Kondensatoren untersucht, ob die Durchschlagstelle ein zufälliges oder regelmäßiges Aussehen zeigte. Dabei wurde gefunden, daß nur in gewissen Fällen, z. B. bei zu magerer Imprägnierung, eine gewisse Regelmäßigkeit vorhanden war.

Interessant ist die Feststellung, daß die Kenntnis der Lebensdauer von Kondensatoren bei höheren Spannungen kein Urteil über die Lebensdauer bei niedrigeren Spannungen erlaubt. Ks

### Elektrowärme

DK 621.345.92:4713

#### Dauerwellen mit UKW

Um Dauerwellen herzustellen, sind die chemische Einwirkung des Haarpräparates, die Temperatur, die durch Körperwärme oder künstlich erzeugt wird, und die Dauer der Einwirkung von Bedeutung. Durch Ultrakurzwellen-Erwärmung kann die Dauer der Einwirkung ohne Minderung der Haltbarkeit der Krause bis auf 20 s herabgesetzt werden. Die notwendige Wärme wird dabei in dem Haarwickel als dielektrische Verluste zugeführt; sie entsteht im Haar selbst und fast gleichmäßig. Die Wickler und Klammern werden bei der UKW-Behandlung nur gering erwärmt, eine Wärmeübertragung auf die Kopfhaut wird vermieden.

Das neue Blaupunkt-UKW-Dauerwellengerät enthält einen UKW-Sender, der auf einem Stativ aufgebaut ist. In dem Gerät sind zwei Senderöhren, die den Schwingkreis mit einer Frequenz von 27,12 MHz anregen. Die Bestimmungen des Hochfrequenzgesetzes vom 9. 6. 1949 sind bei dieser Anlage erfüllt. Nach einem eingebauten Meßgerät können Netzspannungsschwankungen von 15...25% ausgleichbar werden. An dem Gerät ist eine Signallampe angebracht, die die Durchstrahlung kontrolliert. Über ein Kabel mit Gewichtsausgleich und eine Stromzuführungsklammer wird der Wickel angeschlossen.

Die Bedienung des Gerätes ist einfach. Man feuchtet das Haar mit einem Haarpräparat an; dann werden der erste Wickler aufgesetzt und das Zuleitungskabel angeschlossen. Bei Erreichen eines bestimmten Trockenheitsgrades des Haares schaltet der Sender selbsttätig ab. Mit der Fertigstellung des letzten Wickels ist also auch der gesamte Entwicklungsvorgang beendet. Die Dauerwellenbehandlung ist durch dieses einfache Verfahren in 20...30 min durchführbar. Durch gebrauchsfertige Entwicklungs- und Fixierflüssigkeit kann jede gewünschte Krause erzielt werden.

Besondere Vorteile der UKW-Dauerwellen sind darin zu erblicken, daß diese Dauerwellen sehr natürlich wirken, das Haar äußerst geschont wird und die Behandlung beliebig oft ohne Schädigungen wiederholt werden kann. Das Gewicht des Wickelbesteckes ist sehr gering und die Hitze beim Behandeln erträglich. Ls

### Röhren

DK 621.385.3.029.4

**Neue Mikrowellentriode als Modulator und Verstärker.** [Nach A. E. Bowen und W. W. Mumford: Bell System Techn. J. 29 (1950) S. 531.]

Mikrowellenverbindungen für Fernseh- und Fernsprechanzwecke, wie die zwischen Boston, New York und Chicago sind mit Relaisverstärkern ausgerüstet, die als Zwischenfrequenzverstärker geschaltet sind. Wie aus Bild 7 zu erkennen

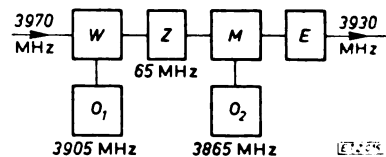


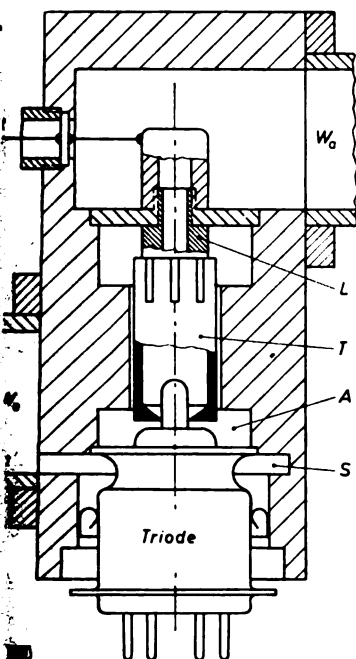
Bild 7. Mikrowellen-Relaisverstärker.

ist, wird eine Trägerfrequenz von 3970 MHz empfangen und über einen Schwebungoszillator von 3905 MHz eine Zwischenfrequenz von 65 MHz erzeugt. Diese wird nach hinreichender Verstärkung in die Sendefrequenz von 3930 MHz verwandelt.

Eine neue Mikrowellentriode<sup>1</sup> mit sehr kleinen Elektrodenabständen wird darin u. a. als Modulator und Endverstärker

<sup>1</sup> Eine neue Mikrowellentriode, konstruktive Einzelheiten siehe in ETZ 72 (1951) H. 20, S. 616.

stärker eingesetzt. Ihre im Bild 8 wiedergegebene Schaltung ist beiden gemeinsam. Eingangs- und Ausgangswellenleiter sind mit ihren zugehörigen Hohlraumresonatoren gekoppelt. Das Gitter ist mit deren Wandungen verbunden und trennt beide Resonatoren. Der Eingangswellenleiter ist über einen Spalt angekoppelt und kann mittels einer Trimmerschraube abgeglichen werden. Die Metallkappe des Röhrensockels bildet einen Teil des Steuerraumes, und die Kathode mit einem Überbrückungskondensator vervollständigt ihn. Die ankommende Mikrowellenenergie wird durch einen Kondensator von den Heiz- und Kathodenzuleitungen abgeschirmt, der bei der Verwendung als Modulator außerdem einen Teil des Netzverkehrs bildet, durch das die Zwischenfrequenz in die Kathode geleitet wird.



Der Ausgangskreis ist dem Wellenleiter über einen coaxialen  $1/4$ -Transformator und eine koaxiale Leitung angekoppelt. Der Auskoppelraum ist durch das Gitter, den Außenleiter des coaxialen Stückes, die radiale Stirnfläche des eingeschmolzene Anoden-Transformators und die zuleitung begrenzt.

Das Bild 9 zeigt die Schaltung der Triode als Modulator mit geerdetem Gitterkreis. Der Ausgangskreis ist entweder auf die Summe oder Differenz  $f_1 \pm f_2$  abgestimmt. In Wirklichkeit ist die Schaltung jedoch viel verwickelter, weil sie noch Filter und Nebenschlüsse für  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_1 \pm f_2$  enthält. Durch Reflektionsfilter wird erreicht, daß keine Mikrowellenenergie in den Schwebungsoszillator fließt und umgekehrt; weiterhin ist der Scheinwiderstand des Modulators an den ZF-Verstärker angepaßt, um

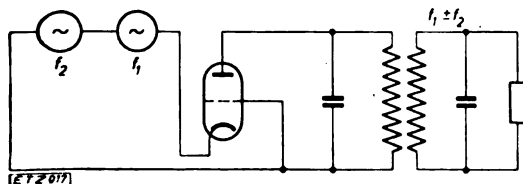
8. Mikrowellen-Triode mit Schaltelementen.

den guten Wirkungsgrad zu erzielen.

Als Modulator hat die Röhre 0,55 ... 1,0 N Verstärkung, e Ausgangsleistung von 10 ... 20 mW, wenn der zugehörige Oszillator 200 mW erzeugt, und eine Bandbreite von MHz.

Die Eignung der neuen Röhre als Verstärker kann am besten anhand ihrer Anpassung, Verstärkung, Übertragungsbandbreite und der Abhängigkeit der Ausgangsleistung beurteilt werden.

Da die Bandbreite des Eingangskreises etwa doppelt so groß wie die des Ausgangskreises ist, fällt ein Einfluß stehender Welle außerhalb des Bandes auf die Seite niedrigerer Frequenz. Der Scheinwiderstand des Ausgangskreises entspricht etwa dem eines einfachen abgestimmten Resonanzkreises.



9. Modulator, Prinzipschaltbild.

Bei Röhren aus der Produktion beträgt die Breite des übertragenen Bandes  $110 \pm 9$  MHz (bis zur Abnahme auf die Leistung) und die Verstärkung bei niedrigem Pegel  $\pm 0,125$  N je Stufe. Änderungen der Verstärkung infolge der Netzspannungsschwankungen werden durch ein stabilisiertes Netzwerk in äußerst kleinen Grenzen gehalten. Das Netzwerk hält den Kathodenstrom auf 30 mA konstant, indem ein erheblicher Betrag negativer Rückkopplung

für den Gleichstrompfad vorgesehen wird. Daraus ergeben sich auch andere Vorteile, z. B. bei dem Einfluß der Ausgangsleistung auf die Verstärkung<sup>2</sup>.

Die mittlere Rauschzahl<sup>3</sup> von aus der Produktion anfallenden Röhren wird mit 2,08 N angegeben und die Ausgangsleistung bei 0,35 N Verstärkung mit 455 mW. Verstärker bis zu 10 Stufen wurden aufgebaut und vermessen; der 10stufige Verstärker ergab mit ausgesuchten Röhren 10 N Verstärkung bei einer Rauschzahl von 1,8 N.

Wmm

Fernmeldetechnik

DK 621.315.28 : 621.396.647.2

Ein Seekabel mit Unterwasser-Verstärkern. [Nach J. J. Gilbert: Electr. Engng. 70 (1951) S. 248; 6 S., 6 B.]

Die mit der Frequenz ansteigende Dämpfung der Kabel erfordert für den Trägerfrequenz-Betrieb einen verhältnismäßig kurzen Verstärkerabstand. Über längere zusammenhängende Seestrecken ohne Landstützpunkte konnte deshalb bisher kein Trägerfrequenz-Betrieb mit größerer Bandbreite eingeführt werden. Der zunehmende Sprechverkehr zwischen den USA und Kuba machte jedoch eine solche Verbindung notwendig. Man entschloß sich deshalb, Verstärker in den Zug des Kabels einzubauen und mit ihm zu versenken. Zwischen Key West (Florida) und dem etwa 220 km entfernten Havanna (Kuba) wurde für jede der beiden Sprechrichtungen ein konzentrisches Kabel mit drei 3stufigen Verstärkern verlegt, von denen sich zwei in größerer Tiefe (1,7 km bzw. 0,7 km) befinden. Zur Speisung der Verstärker sind an die Innenleiter der beiden Kabel in Key West + 250 bzw. - 250 V angelegt. Über die Kabel werden 24 Sprechkanäle von je 4 kHz Bandbreite in dem Frequenzband von 12 ... 108 kHz geleitet. Die Verstärkung der einzelnen Verstärker beträgt bei 108 kHz 7,5 Neper. Sie gleicht die Dämpfung von 67 km Kabelstrecke wieder aus. Die Verstärker enthalten indirekt mit 20 V, 0,25 A geheizte Pentoden (Anodenspannung 40 ... 60 V), deren Lebensdauer auf 20 Jahre veranschlagt wird. Auch die übrigen Verstärkerteile sind sorgfältig ausgesucht. Jeder Verstärker besteht aus 15 Einzelteilen, die in mit Stahlringen verstärkten Kupferröhren von 4,5 cm Dmr. und 0,8 mm Wandstärke untergebracht sind. Er hat eine Länge von 214 cm und ist über einen Durchmesser von 1,80 m biegsam. Er ist direkt in das Kabel eingeführt, das über dem Verstärker einen Durchmesser von 7,5 cm (gegenüber normal 2,5 cm) besitzt. Mit den Verjüngungen auf beiden Seiten ist das eingefügte Stück 10 m lang. Ein gleichartiges Kabel mit Verstärkern wurde 1948 einer Tiefseeprüfung in 3,7 km Wassertiefe unterzogen. Es wurde für einen Druck von 700 atü berechnet und hat die Probe gut überstanden.

Das von der Simplex Wire and Cable Company in Cambridge (Mass.) in Zusammenarbeit mit den Bell-Telephone Laboratorien gefertigte Kabel besitzt einen Innenleiter von 3,32 mm, der von drei 0,37 mm starken Kupferfolien eng umhüllt ist (Verseilungsdurchmesser 4,06 mm). Die Isolation besteht aus Polyäthylen (äußerer Durchmesser 11,7 mm). Der Außenleiter ist aus 6 Kupferbändern von je 0,4 mm Stärke und 6,1 mm Breite verseilt. Darüber liegt die übliche Kabelbewehrung.

Zur Prüfung besitzt jeder einzelne Verstärker eine ganz bestimmte Frequenz außerhalb der Betriebsfrequenzen, für die seine Verstärkung übernormal hoch ist. Wird die ganze Kabeldämpfung bei dieser Frequenz kontrolliert, so ist ein Nachlassen der Verstärkung des abgestimmten Verstärkers sofort zu erkennen.

Während der Verlegung, die vom Kabelschiff „Lord Kelvin“ aus durchgeführt wurde, konnten die elektrischen Daten des Kabels laufend nachgeprüft werden. Zuerst wurden die Kabel an Land bzw. in seichtem Wasser unter Zuhilfenahme von Seilwinden, Tonnen und Barken verlegt. Auf hoher See wurden dann die von beiden Seiten kommenden Kabel zusammengespießt. Die Kabel der beiden Sprechrichtungen wurden einige km voneinander und von früher verlegten anderen Kabeln entfernt versenkt, um Verwechslungen bei Wiederaufnahme der Kabel zu vermeiden. Der Standort des Kabelschiffes konnte durch Funkortung auch in der stark veränderlichen Strömung des Golfstromes so sicher bestimmt werden, daß insgesamt nur 400 m Kabel mehr verlegt werden mußten, als vorher berechnet waren.

Lu

<sup>1</sup> Vom Verfasser als Kompression bezeichnet.  
<sup>2</sup> Über das Meßverfahren s. ETZ 72 (1951) H. 1, S. 28.

DK 621.395.34

**Untersuchungen an Nummernschaltern.** [Nach E. Anderfuhren, W. Peter u. H. Künzler: Techn. Mitt. Schweiz. PTT 28 (1950) S. 209; 15 S., 23 B.]

Die Wählscheibe ist eines der bedeutendsten Elemente eines modernen Wählvermittlungsnetzes. Ihre Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit bestimmt unmittelbar den Gütegrad der Vermittlung. Störungen und Unregelmäßigkeiten wiegen umso schwerer, als die Scheiben auf die Teilnehmersprechstellen verteilt sind und fast keiner Pflege unterliegen.

So beschreibt E. Anderfuhren eine Nummernschalter-Prüfmaschine für die gleichzeitige Prüfung von zehn Nummernschaltern mit einer solchen Schnelligkeit im Prüfungsablauf, daß beispielsweise die Zahl „5“ 30 000mal am Tag geprüft werden kann. Die Einrichtung signalisiert sofort jede Unregelmäßigkeit beim Ablauf und zählt die vorgenommenen Abläufe, also nicht die Stromstöße, mit einem fünfstelligen Zähler. Untersucht wurden als schwächster Teil der Konstruktion Schnecke und Schneckenrad. Man hat in der Schweiz zur Geräuschverminderung Schneckenräder aus Canevasit hergestellt und dieses Material zeigte sich in der Nachkriegszeit wohl für Stirnradkonstruktionen, nicht aber für spitzzahnige Schneckenradkonstruktionen der Dauerbeanspruchung gewachsen. Mit guten vergrößerten Lichtbildaufnahmen werden die Zerstörungen an den Zahnkanten gezeigt, welche den Nummernschalter vielfach nach rd. 125 000 Aufzügen zum Stillstand brachten, während zum Vergleich aus Bronze hergestellte Zahnräder bis zu 1 Million Aufzüge aushielten. Eine besondere Untersuchungsreihe diente der Auswahl des besten Schmieröls, wobei der Einfluß der Temperatur in den Grenzen  $-25, 0, 25, 50^{\circ}\text{C}$  ermittelt wird. Als Ergebnis der Untersuchung stellt der Verfasser fest: 1. die Überlegenheit der Bronzeschneckenräder; 2. der doppelgängigen Schnecke mit Normalverzahnung gegenüber einer eingängigen Schnecke mit Spitzverzahnung, die auch die Forderung der Selbsthemmung ohne Schwierigkeiten zu erfüllen gestattet; 3. der Geräuschunterschied zwischen Canevasit- und Bronzeverfahren ist unbedeutend, bei starker Abnutzung ist Bronze auch hierin überlegen.

Es empfiehlt sich, das Schneckengetriebe der Nummernschalter zu ölen, wobei Schmiermittel geeigneter Dichte, Viskosität und Verseifungszahl ausgewählt werden müssen.

Die Nummernschalterprüfeinrichtung ist ein Musterbeispiel für derartige Massen- und Dauerprüfungen von Bauelementen und ebenso das angewandte genaue Prüfverfahren. In Deutschland gibt es heute Wählscheibenkonstruktionen, die auf das hier untersuchte Schneckengetriebe verzichten, so daß sich also der Gegenstand, auf den sich die Untersuchung konzentrieren muß, abhängig von der jeweiligen Ausführungsform ändern wird. Hb

## Funktechnik

DK 621.316.726 : 621-56

**Der „Flotor“, ein neues Schaltelement.** [Nach J. L. Arends: Commun. News 11 (1950) S. 101.]

Verschiedene Anwendungen der Hochfrequenz, insbesondere etwa der Empfang von Übertragungen mit unterdrücktem Träger, verlangen eine gute Konstanzhaltung oder Nachführung der Frequenz. Die für Musiksendungen gerade noch zulässige Frequenzdifferenz zwischen Sender und Empfänger beträgt 5 Hz. Bei Sprachübertragungen liegt dieser Wert bei 15 Hz. Der Diskriminator liefert die der jeweils vorhandenen Abweichung entsprechende Steuerspannung, die das geeignete Regelgerät ansprechen läßt. Die Regelung kann elektronisch oder elektromagnetisch erfolgen. Gegen die Anwendung eines rein elektronischen Verfahrens sprechen einige prinzipielle Gründe, so etwa der Umstand, daß bei Ausbleiben des Empfangs während einer Schwundperiode die Abweichung der Frequenzen größer werden kann als es dem Regelbereich entspricht. Für die elektromechanische Regelung werden im allgemeinen motorische Antriebe verwendet, gegen die sich ebenfalls grundsätzliche Einwände erheben. Eine Kombination beider Verfahren scheint die beste Lösung zu ermöglichen, sofern für schnelle Regelvorgänge elektronische Beeinflussung, für langdauernde Änderungen eine elektromechanische Steuerung benutzt wird und letztere nach Möglichkeit auf den umfangreichen und schweren Motorantrieb verzichtet. Ein Element, das diesen Anforderungen gerecht wird, wurde bei Philips entwickelt und erhielt den sehr treffenden Namen „Flotor“. Sein wesentlicher Bestandteil ist ein metallener zylindrischer Tauchkörper, der mit geringem seitlichen Spiel und etwa 10 mm Hubmöglichkeit

derart in Öl schwimmt, das sein Gewicht völlig dem der verdrängten Ölmenge (bei mittlerer Betriebstemperatur) gleich ist. Damit ist ständiges (indifferentes) Gleichgewicht und Unabhängigkeit von der Erdschwere erreicht.

Die vom Diskriminator gelieferten Spannungen werden zwei Spulen zugeleitet, die den Tauchkörper mit Hilfe des in ihm verklemmten Eisenrings mehr oder minder nach der einen oder andern Seite ziehen. Bei dieser Bewegung muß eine entsprechende Ölmenge verdrängt, die an ihm vorbei durch den schmalen, bis zur Gehäusewand verbleibenden zylindrischen Raum auf die andere Seite strömen muß, so den Vorgang wunschgemäß dämpft und die einmal eingenommene Stellung bis zum Eintreffen neuer Steuerspannungen aufrechterhält. Der Tauchkörper bildet mit einer zylindrischen Elektrode an den beiden Enden seines Weges einen Kondensator, dessen Größe sich zwischen 5 und 15 pF bewegt und den zu regelnden Kreis frequenzmäßig steuert. Die notwendige Steuerleistung beträgt 0,5 W, d. h. nur etwa 1/30 der für einen Motor erforderlichen Größe. Der Gewichtvergleich ergibt rund 1/7, das gleiche gilt für die Größe. Als Vorteile des Flotors sind weiter zu nennen: Fortfall der Anfangsreibung, keine Schwingneigung, Proportionalität zwischen Regelgeschwindigkeit und Regelhub, einfache Schaltung, Erschütterungsfestigkeit, Tropensicherheit. Nachteile sind die Möglichkeit der Verunreinigung oder Oxydation des Öls oder der Undichtigkeit des Ölgehäuses. Sorgfältige Konstruktion und einwandfreie Auswahl des Öls (Translocatorenöl nach VDE 0370) verringern die Gefahr dieser Mängel.

DK 621.396.071.024

## Neuartige deutsche UKW-Strahler

Auf dem Mittelwellenmast des Berliner Rias-Senders wurde Ende 1950 eine Sendeanenne erbaut, die wie ein stählerner Rohrmast aussieht und von innen bestiegen werden kann (Bild 10). Der von Telefunken entwickelte UKW-Spezialstrahler wurde inzwischen in weiteren Exemplaren von verschiedenen Rundfunksendern für den Ausbau des deutschen UKW-Rundfunknetzes eingebaut.

Die neuartige Antenne besitzt eine Anzahl von Schlitzen; sie sind senkrecht, ungefähr eine Wellenlänge lang und durch Plexiglasscheiben abgedeckt, wodurch das Innere der Schlitzrohr-Antenne von Witterungseinflüssen frei ist. Dadurch ist auch eine ausreichende Belichtung für Montage- und Überwachungsarbeiten im Innern vorhanden. Die einige Dezimeter breiten Schlitze werden in der Mitte über stark bemessene HF-Rohrleitungen so gespeist, daß sich der für die Abstrahlung erforderliche Antennenstrom auf dem Außenmantel des Rohres ausbildet. Die abgestrahlte HF-Energie ist waagrecht polarisiert. Die Rohranne ist aus mehreren einzelnen Rohrteilen zusammengesetzt und ungefähr 4,5 m lang. Für den Berliner Rias-Sender wurden zwei solche Rohrteile übereinander gesetzt. Durch eine um  $90^{\circ}$  versetzte Schlitzanordnung wird eine gleichstarke Abstrahlung nach allen Himmelsrichtungen gewährleistet. Mit dem etwa 50 m hohen selbststrahlenden Mast, der von einem 100 kW-Mittelwellensender am Fußpunkt gespeist wird, ist diese Schlitzrohrantenne verbunden. Über eine besondere Ankopplungseinrichtung im Antennenhaus wird die Energie über eine 150 m lange und 7 m dicke Kupferrohrleitung bis zum eigentlichen UKW-Strahler geleitet. Ein ungestörter und störungsfreier Betrieb des Mittelwellensenders und des UKW-Senders wird durch die besondere Ankopplungseinrichtung ermöglicht.

An der Spitze der Antennenanlage und an bestimmten Stellen des Mastes sind rote Warnlampen für den Flotordienst angebracht, die vom Antennenhaus über Spezialleitungen gespeist werden. Im Innern werden die Zuleitungen dieser Lampen von der UKW-Antenne aufgenommen. Die Wartung der Lampen hat die UKW-Schlitzrohrantenne in ihrem höchsten Punkt eine Aufstiegsklappe und einen kreisförmigen Bügel. Diese dienen zur Sicherung der

Bild 10. Die UKW-Antenne

gegenüber auftretenden atmosphärischen Entladungen und verhindern, daß an den Glühfäden der Sicherungslampe die höchste Mittelwellenspannung auftritt.

ts

## Fernsehen

DK 621.397.3

**Doppelnormen für Fernsehrastrer.** [Nach Electronics 23 (1950) H. 11, S. 66; 6 S., 5 B.]

Das Raster der z. Z. in Amerika gesendeten Schwarz-Weiß-Fernsehbilder besteht aus 525 Zeilen bei 30 Bildwechseln (60 Teilbildern) in der Sekunde im Zeilensprung-Verfahren. Das zur Einführung vorgesehene CBS-Farbfernsehraster enthält 405 Zeilen bei 144 Rasterwechseln in der Sekunde mit 3 Grundfarben (blau, rot, grün) pro Bild. (Die Farbigekeit der Fernsehbilder dieses Verfahrens entsteht durch Betrachtung des Fernsehrastrers durch eine vor der Bildröhre umlaufende Farbfilter Scheibe mit den 3 Grundfarben, die synchron zu den Rasterwechseln jeweils das richtige Farbfilter nacheinander jedem der drei Teilrastrer zuordnet.) Fernseh-Empfänger für Schwarz-Weiß- und Farbbilder müssen demgemäß so eingerichtet sein, daß die Zeilen- und Rasterfrequenz

1. entweder kontinuierlich im Bereich zwischen 15 000 und 32 000 Hz bzw. 50 und 150 Hz eingestellt oder
2. mittels eines hand- oder automatisch betätigten Umschalters von dem einen auf den anderen festen Wert (15 750 oder 29 160 Hz bzw. 60 oder 144 Hz) geschaltet werden kann.

Empfänger mit diesen Einrichtungen nennt der Verfasser „bracket-standard (b-s) receivers“. Die kontinuierliche Einstellung kommt vorerst nicht in Betracht, weil sie einen zu großen Aufwand an Schaltungsmitteln erfordert. Die Umschaltung von Schwarz-Weiß- (525/60) auf Farbbildempfang (405/144) benötigt etwa 12 Umschaltkontakte und eine entsprechende Verdopplung der frequenzbestimmenden Schaltelemente in den Steuerstufen und Ablenkergeräten des Fernseh-Empfängers. An Hand von Schaltbildern werden diese Schaltstellen im einzelnen besprochen.

Die größten Schwierigkeiten liegen in der „Entbrummung“ sowohl auf der Empfangs- als auch auf der Sendeseite, denn bei der Farb-Fernsehsendung läuft der Bildwechsel nicht mehr synchron zum Kraftnetz. Bei unzureichender Siebung der Speisespannungen entstehen neben „wandernden Brummstreifen“, die als äußerst störend empfunden werden, auch Schwebungsfrequenzen zwischen der Bildwechsel- und Netzspannung von 12, 24 und 84 Hz, von denen die 12 Hz-Komponente am stärksten stört, weil sie ein auffallendes Flimmern erzeugt. Die anderen beiden Komponenten stören weniger, ausgenommen die 24 Hz-Komponente bei großen Bildhelligkeiten. Zur Vermeidung solcher Störungen müssen der Netztransformator und die Siebketten größer bemessen werden. Ferner werden magnetische Abschirmungen des Netztransformators notwendig, um eine Beeinflussung der Ablenkung des Kathodenstrahls der Bildröhre durch das Streufeld zu verhindern.

Es wird weiterhin ein automatischer Umschalter angedeutet, der auf die unterschiedlichen Rasterverhältnisse zwischen Schwarz-Weiß- und Farb-Fernsehsendungen anspricht und mittels Röhren und Relais jeweils die richtige Ablenkungsschaltung des Empfängers einstellt.

Zum Schluß erwähnt der Verfasser die notwendigen Maßnahmen auf der Sendeseite, um wahlweise Schwarz-Weiß- oder Farbbilder aussenden zu können. Wichtig ist auch hier die vollständige Entbrummung der Anlage. Eine Versuchs-Sendeanlage wurde aus einem besonderen Motor-Generator (1 kW) mit 144 Hz-Wechselspannung betrieben. (Synchronismus zwischen Netzfrequenz und Rasterwechsel.) Als Umbauzeit vorhandener Sender für den wahlweisen Betrieb beider Fernseh-Verfahren wird ein Zeitraum von 2...4 Monaten genannt. Die dabei entstehenden Kosten sollen zwischen 20 und 100% des Anschaffungswertes liegen. Wegen der Lichtabsorption der Farbfilter muß die Beleuchtungsstärke bei Farb-Fernsehaufnahmen etwa 7mal größer sein, wenn das selbe Verhältnis zwischen Signal und Rausch wie bei der Schwarz-Weiß-Fernsehsendung erreicht werden soll.

[Anmerkung des Berichters: Inzwischen hat die FCC das CBS-Farb-Fernsehverfahren zur Norm erklärt. Die Industrie (RCA) ist hiermit aber nicht einverstanden und hat eine gerichtliche Klage eingereicht. Das oberste Bundesgericht hat die Klage jedoch zurückgewiesen.]

Böd

DK 621.397 : 535.76

**Stereoskopisches Fernsehen.** [Nach H. R. Johnston, C. H. Hermanson und H. L. Hull: Electr. Engng. 69 (1950) S. 1058; 4 1/2 S., 10 B.]

Um stereoskopische Bilder zu erzeugen, kennt man zwei Verfahren: 1. Es werden gleichzeitig zwei Bilder projiziert, und jedes Auge wählt das ihm zugeordnete Bild durch entsprechende Brillen aus, wobei die Gläser verschieden gefärbt sind oder aus polarisierenden Filtern bestehen. Linksäugige und rechtsäugige Filter polarisieren senkrecht zu einander, und die beiden Stereobilder werden von getrennten Lichtquellen mit polarisiertem Licht passender Schwingungseinschichtung projiziert.

2. Das linksäugige und das rechtsäugige Bild werden abwechselnd und zeitlich nacheinander projiziert, die Bildauswahl für die beiden Augen geschieht durch vor beiden Augen synchron rotierende Blenden.

Beide grundsätzlichen Möglichkeiten für stereoskopisches Fernsehen wurden erprobt. Die alternierende Methode litt aber unter einer erheblichen Bildüberlappung und zeigte starkes Flimmern. Deshalb wurde das Simultanverfahren vorgezogen. Der Abstand zwischen den optischen Achsen der beiden Objektive betrug 3 Zoll (normaler Augenabstand). Die Linsen waren so angeordnet, daß man sie etwas um eine vertikale Achse drehen konnte, was einem Akkommodationswinkel auf ein nahe gelegenes Objekt entspricht. An der Empfangsseite des Stereo-Fernsehsystems erscheinen zwei Bilder nebeneinander auf dem Leuchtschirm einer üblichen Fernsehöhre. Es werden zwei polarisierende Filter benutzt, deren Polarisationsrichtungen senkrecht aufeinander stehen. Sie befinden sich eng vor dem Leuchtschirm, so daß das von einem Bilde ausgehende Licht in der einen Richtung, das Licht vom anderen Bilde senkrecht dazu polarisiert ist. Der Beobachter trägt ein Paar polarisierender Brillen, die so orientiert sind, daß jedes Auge nur sein zugehöriges Bild sehen kann. Zusätzlich wird ein Paar Glasprismen vor den Augen angeordnet, damit der Beobachter beide Bilder zu einem einzigen dreidimensionalen Bild überlagern kann.

Noch günstiger ist eine Betrachtungsapparatur mit zwei Bildröhren. Bei diesem Verfahren braucht der Beobachter lediglich polarisierende Brillen, aber keine Prismen zu tragen. Die Überlagerung beider Bilder entsteht durch die Anwendung halbversilberter Spiegel und durch Justierung der beiden Röhren gegeneinander.

Kleine Unterschiede der Bildgrößen werden durch den Beobachter physiologisch ausgeglichen. Wenn beide Bilder gut linear und gleich groß sind, so muß man vor allem so justieren, daß die Bilder sich in vertikaler Richtung decken. Die Verwendung polarisierender Filter und halbversilberter Spiegel führt zu großen Helligkeitsverlusten. 60% der Bildhelligkeit geht in den Filtern verloren, 60% des verbleibenden Lichtes im halb durchlässigen Spiegel, und weitere 10% des nunmehrigen Restlichtes verliert man in den Polarisationsfiltern der Brille. Insgesamt verliert man demnach 85% des ursprünglichen Lichtes.

Das hier beschriebene Fernsehsystem hat ein Bildseitenverhältnis (Höhe zu Breite) von 3:2. Das ist in festen Apparaturen unerwünscht, außerdem ist das Anwendungsgebiet und das Gesichtsfeld sehr eingeschränkt und die Auflösung nicht gut. Es wäre besser, wenn man auch auf der Sendeseite zwei Röhren benutzt, die horizontal nebeneinander liegen.

Schw

DK 621.397.61

**Strato-Vision in der Schweiz.** [Nach W. Kuentz: Techn. Mitt. PIT 29 (1951) S. 126; 6 S., 17 B.]

Bei allen Überlegungen, auch in dem topographisch schwierigen Gelände der Schweiz das Fernsehen durchzuführen, wird das Problem der „Strato-Vision“ eingehend untersucht. Das Fernseh-Programm wird hierbei von einer Bodenstation gesendet, von einem in der Stratosphäre kreisenden Flugzeug empfangen und mit entsprechend größerem Wirkungsbereich auf Dezimeterwellen auf die Erde zurückgestrahlt. Für die theoretische Untersuchung der Empfangsmöglichkeit in den einzelnen Kantons-Hauptorten wurde angenommen, daß sich ein Stratovisionsender in 10 km ü. M. über Bern befindet. Unter Berücksichtigung der linearen Sicht und der Erdkrümmung konnten damit Schattengebiete ermittelt und in Karten 1:100 000 eingetragen werden. Zur Vereinfachung wurde der jeweilige Einfallswinkel



des Senders gegenüber der Horizontalebene des betreffenden Ortes als konstant für das ganze Gebiet angenommen.

Die so entstandenen Karten zeigen, daß ein Stratovisionssender über Bern außer in den Randgebieten (mit sehr kleinem Einfallswinkel) fast überall empfangen werden kann. Einige Relaisstationen als Erdstationen oder ein weiterer Stratovisionssender mit anderem Standort dürften auch die ermittelten Schattengebiete überdecken. Da der Aufsatz keine wirtschaftlichen Angaben enthält, ist ein Vergleich mit einer Lösung des Fernsehens mit ausschließlicher Verwendung von Erdstationen leider nicht möglich.

Pj

Elektroakustik

DK 681.841.3

Der phonetische Steno-Sonograph. [Nach J. Dreyfus-Graf: Schweiz. Bauz. 1950, Nr. 15]

Zur Umwandlung gesprochener Worte in lesbare Schriftzeichen teilt Dreyfus-Graf das Sprachspektrum in

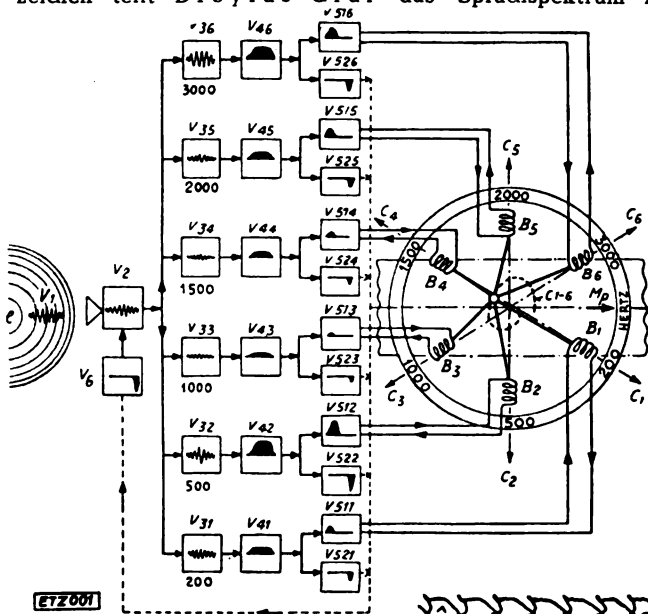
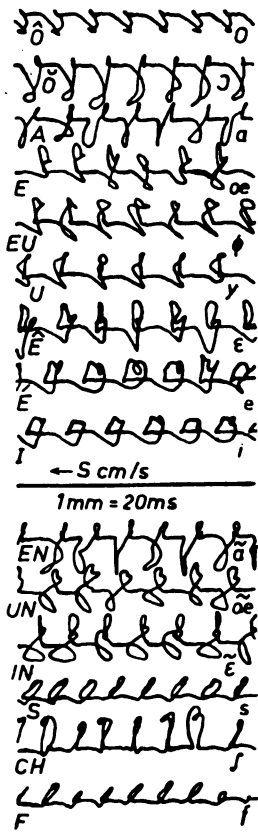


Bild 11. Prinzipschema des phonetischen Steno-Sonographen.

6 Frequenzkanäle mit den Mittel-frequenzen bei 200, 500, 1000, 1500, 2000 und 3000 Hz auf. Die 3 unteren Kanäle haben eine Bandbreite von je einer Oktave, die drei oberen von je einer Quinte. Die an den Ausgängen dieser Filter auftretenden Teilschwingungen eines Sprachvorganges werden gleichgerichtet und die Ausgleichsvorgänge der so gewonnenen Hüllkurven für den Schreibvorgang ausgenutzt. Die Schreibeinrichtung besteht aus 6 auf einem Kreis angeordneten Elektromagneten (Bild 11), deren Achsen je einen Winkel von 60° zueinander bilden. Die zugehörigen 6 Magnetanker sind mechanisch so mit einem gemeinsamen Schreibstift gekoppelt, daß der Schreibstift sich in die Kräfte resultierende der 6 Magnete einstellt; unter dem Schreibstift wird ein Papier mit konstanter Geschwindigkeit vorbeigeführt.

Die 6 Magnete werden durch den ansteigenden Ast der Hüllkurven der 6 Filterausgangsspannungen eingestellt, der absteigende Ast führt die Schreibeinrichtung in die Ruhelage zurück. Bei einer neueren Ausführung wird die Rückführung in die Ruhelage fremdsteuert und zwar periodisch in beliebig einstell-



ETZ 002 Bild 12. Sonogramme von verschiedenen Lauten.

barer Häufigkeit zwischen 1 und 12 mal je Sekunde. Längere Zeit hindurch gesprochene Vokale werden auf diese Weise mehrfach geschrieben.

Der Schreibvorgang führt zu relativ verwickelten Linienzügen, deren Lesbarkeit aber wohl erlernbar ist (Bild 12). Als Entwicklungsziel schwebt Dreyfus-Graf der Typo-Sonograph vor, bei dem durch die Analyse der Sprachschwingungen über zwischengeschaltete Relaiskombinationen direkt eine Schreibmaschine gesteuert werden kann. Eine ziemlich ausführliche Beschreibung seiner bisherigen Entwicklungen mit einer größeren Zahl von Wiedergaben seiner Sonogramme hat er im J. Acoust. Soc. Amer. 22 (1950) S. 731 veröffentlicht.

Al

DK 534.851

Ein Kleinst-Diktiergerät

Das kleinste bisher bekannte Magnetton-Gerät, Minifon, wurde von der Firma Monske & Cie., Faßberg (Hann.), entwickelt. Als Tonträger wird Stahldraht verwendet, die Spieldauer beträgt 2 Stunden, die Wiedergabequalität genügt für Diktierverständlichkeit.



Bild 13. Das Minifon.

ETZ 003

Dies Diktiergerät im Taschenformat (Bild 13) enthält eine Batterie, an die der kleine Antriebsmotor und die Entzerrverstärkerschaltung angeschlossen sind. Für die Aufnahme wird ein Mikrofon in zwei Steckbuchsen geschaltet, für die Wiedergabe wird das Mikrofon durch Kopfhörer ersetzt. Das Aufgenommene kann auch über den Pic-up-Eingang eines normalen Rundfunkempfängers abgehört werden. Ein kleines Zusatz-Netzgerät kann die Batterie ersetzen.

Wie bei jedem Magnetton-Gerät kann man besprochene Drahtspulen löschen und beliebig oft neu bespielen. Die Bedienung des Gerätes ist sehr einfach, so daß es als praktisches Hilfsmittel in vielen Berufszweigen anwendbar sein dürfte.

BV

DK 621.844.2

Der „Transponent“ und ein 25 g schwerer Rundfunkempfänger. [Nach Umschau 51 (1951) S. 178; 1 S., 3 B.]

Für Schwerhörige und Kranke benutzt man in Kirchen und Krankenhäusern fest verlegte Übertragungsanlagen mit Kopfhöreranschluß. Dabei stellt die notwendige Kopfhörerschnur immer eine unangenehme Behinderung dar. Hiergegen schafft der von einer Hamburger Firma entwickelte Demodulator-Empfänger Abhilfe. Dieser ist ein nur 25 g schwerer Kopfhörer mit eingebautem Detektorempfänger für eine Frequenz von 470 MHz oder 64 cm Wellenlänge. Der Kopfhörerbügel ist als 1/2-Paralleldrahtleitung gleichzeitig Abstimmkreis und Antenne. Die Demodulation erfolgt durch einen Germanium-Detektor, der vor einen Mikrohörer geschaltet ist. Es sind also weder Zuleitungen noch Batterien oder Röhren nötig. Der zugehörige festabgestimmte Sender „Transponent“ hat mit einer Antennenleistung von 5 W im Freien eine Rec-

weite von 1000 ... 2000 m, so daß er auch für die Versorgung größerer Gebäude ausreicht. Er kann vom Lautsprecherausgang eines jeden Rundfunkempfängers oder von einem Mikrophon aus moduliert werden. Wenn der neue Kopfhörer-Empfänger konstruktiv so stabil ist, daß er bei der unvermeidlichen mechanischen Beanspruchung noch genügende Frequenzstabilität besitzt, dürfte damit ein großes Bedürfnis befriedigt werden. *If*

**Physik**

DK 621.315.618.3.015.51

**Einfluß der Elektroden auf Gleichspannungs-Durchschläge in Gasen mit hohen Drücken.** [Nach J. G. Trump, R. W. Cloud, J. G. Mann und E. P. Hanson: Electr. Engng. 69 (1950) S. 961; 4 S., 8 B.]

Gase unter hohem Druck gewinnen als Isolierstoff in der Hochspannungstechnik immer größere Bedeutung. Sie haben besonders auf dem Gebiete der Geräte zur Teilchenbeschleunigung Eingang gefunden, da diese sich so wirtschaftlich und kompakt bauen lassen.

Hierdurch angeregt wurden Durchschlagsversuche im homogenen Gleichspannungsfeld durchgeführt und die Verhältnisse in Luft, Kohlendioxyd, Stickstoff und gleichen Teilen Stickstoff und Kohlendioxyd bei Drücken bis 27 atü untersucht. Als Elektroden dienten nach Rogowski geformte und sorgfältig bearbeitete Körper aus rostfreiem Stahl und aus Aluminium. Als Spannungsquelle wurde ein Van de Graaf-Generator für Spannungen bis 900 kV verwendet.

Es erwies sich als ziemlich schwierig, eindeutige und reproduzierbare Prüfbedingungen zu schaffen. Zu diesem Zwecke wurden jeweils bei dem höchsten Gasdruck Vordurchschläge zur Reinigung der Elektrodenoberfläche herbeigeführt. Dabei waren bei den Stahlelektroden mehrere Hundert Durchschläge erforderlich, wobei die Endspannung etwa 50% höher lag als die Spannung zu Beginn. Bei den Aluminium-Elektroden waren weniger Durchschläge erforderlich, der Spannungsanstieg war hier relativ gering. Bei den hierauf folgenden Messungen wurde die Spannung in Stufen von etwa 5% des erwarteten Durchschlagwertes gesteigert, wobei die Spannung jeder Stufe 3 min lang gehalten wurde, bis innerhalb dieses Zeitintervalls ein oder zwei Durchschläge eintraten. Dieser Spannungswert galt als Durchschlagsspannung.

Die Ergebnisse sind in Bild 14 zusammengestellt. Zunächst kann dem Diagramm entnommen werden, daß Luft das beste Isoliervermögen besitzt; es folgen CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub> und schließlich N<sub>2</sub>. Der Vorteil von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> gegenüber Luft liegt vor allem in der chemischen Neutralität. Weiterhin ist festzustellen, daß die Kurven für Stahl- und für Aluminiumelektroden

troden bei Drücken von etwa 6 atü voneinander abzuweichen beginnen. Bei 27 atü liegen die Durchschlagswerte für Stahlelektroden erheblich höher als die für Aluminiumelektroden, wobei Luft die größten Unterschiede zeigt (50%).

Wenn man eine Stahlkathode und eine Aluminiumanode verwendet oder umgekehrt, so erhält man Durchschlagswerte, die zwischen denen von Bild 14 für reine Stahl- bzw. Aluminiumelektroden liegen. Dabei liegt wiederum die Kurve für die Stahlelektrode höher als die für die Aluminiumkathode. Die Verfasser kommen auf Grund ihrer Messungen zu dem Schluß, daß im wesentlichen das Kathodenmaterial für die Größe des Vorentladungsstromes und für die Größe der Durchschlagsspannung maßgebend ist, daß aber auch das Anodenmaterial von merkbarem Einfluß sein kann. Die Überlegenheit der Elektroden aus rostfreiem Stahl tritt allerdings nur dann auf, wenn diese durch zahlreiche Vordurchschläge vorbereitet werden. Aus diesem Grunde dürfte die Erscheinung für die meisten praktischen Zwecke bedeutungslos sein. *Hu*

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 511.4 : 620.1

**Statistische Fabrikationskontrolle.** [Nach M. P. Geppert: Allg. Statist. Arch. 34 (1950) S. 303.]

Die modernen Verfahren der technischen Statistik gewinnen überall da, wo es sich um Massenfertigung und Serienfertigung handelt, mehr und mehr an Bedeutung. Der genannte Aufsatz gibt einen knappen, klaren Überblick über die beiden Sondergebiete der laufenden Fabrikationsüberwachung einerseits und der Abnahmeinspektion an Stichproben andererseits.

Bei der laufenden Fabrikationsüberwachung handelt es sich darum, laufend während eines Herstellungsprozesses die Qualität der angefertigten gleichartigen Stücke zu überprüfen. Die Inspektion der hergestellten Waren wird also in den Herstellungsprozeß selbst gelegt, so daß überzufällige Veränderungen eines untersuchten Merkmals ohne Zeitverlust und Ausschußproduktion festgestellt und nach ihren Ursachen untersucht werden können. Das statistische Werkzeug dieser Verfahren ist die Kontrollkarte, die laufend geführt wird und in ihren vielen verschiedenen Spielarten eine weite Anpassungsfähigkeit an die vorliegende technische Fertigung gestattet.

Bei Abnahmeprüfungen an Stichproben liegt die Situation zugrunde, daß Hersteller und Abnehmer eines Serienartikels eine Vereinbarung treffen, derzufolge der Abnehmer einen Posten bestimmten Ausmaßes dann und nur dann zu einem bestimmten Preise annimmt, wenn die in vereinbarter Weise dem Posten entnommenen zufälligen Stichproben ein vorher festgesetztes Ergebnis bezüglich des gewählten Merkmals zeigen. Es bleibt die Frage, welches Risiko bei einer solchen Vereinbarung der Hersteller einerseits und der Abnehmer andererseits eingehen. Diese Frage wird beantwortet durch die Aufstellung der zugehörigen Operationscharakteristik, die in der Planung der Stichprobenverfahren eine zentrale Rolle spielt. In einfachen und mehrfachen Stichprobenplänen bis zu dem Waldschen Sequenzprobenverfahren haben derartige Abnahmekontrollen durch Stichproben wiederum eine weite Anpassungsfähigkeit an die vorliegende technische Fragestellung. Eine Literaturübersicht über die wichtigsten Veröffentlichungen auf diesem aktuellen Gebiet beschließt den Aufsatz. *Gf*

DK 621.3.016.25

**Elektrische Installation in einer chemischen Fabrik.** [Nach N. H. Henket: Ingenieur 62 (1950) S. E 33; 10 S., 14 B.]

In dem Aufsatz werden die Betriebserfahrungen einer großen chemischen Fabrik mitgeteilt. Von besonderem Interesse sind die Erfahrungen mit großen Kurzschlußmotoren und den Kondensatoren für die Phasenverbesserung. Fast die ganze installierte Leistung von 115 MW besteht aus den Kurzschlußmotoren. Die Motoren bis 1500 PS Einzelleistung werden direkt, größere Motoren entweder mit Vorschalt-drossel in dem Sternpunkt der Wicklung oder mit Anlauftransformator und nur in Sonderfällen mit dem Stern-Dreieckanlasser geschaltet. Man bevorzugt das erste Anlaufverfahren, weil es einfachste Apparate erfordert und kleinere Schaltströme ergibt. In dem Aufsatz findet man die Zusammenstellung der Meßergebnisse der verschiedenen Anlaufverfahren an einem Motor mit 2000 PS, 1500 U/min. An

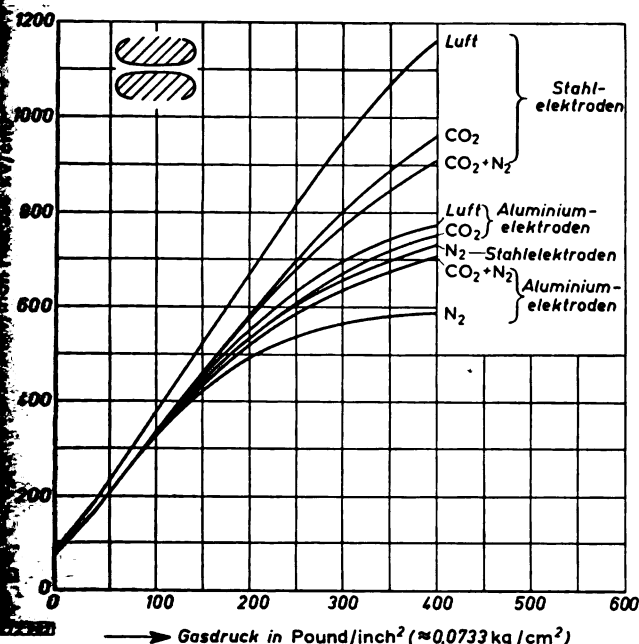


Bild 14. Vergleich der Isolationsfestigkeit verschiedener Gase bei hohen Drücken und homogenem Feld zwischen Elektroden aus rostfreiem Stahl und Aluminiumelektroden.

einem anderen Motor von 6000 PS, 500 U/min wurden im Stern 140% Anlaufstrom gemessen, die maximale Stromspitze war 235%, die maximale Stromspitze beim Umschalten von Stern auf Dreieck 800%. Man findet außerdem eine interessante Messung der Erwärmung des abgebremsten Motors für 35 PS, 750 U/min. Nach 50 s wird die Übertemperatur des Statorkupfers 50°, der Stirnverbindungen dieser Wicklung 90° und des Läufers 520°. Erfahrungsgemäß versucht man die Anlaufzeit von 30 s bei direktem Einschalten nicht zu überschreiten. Wegen der großen Anzahl der langsamlaufenden Motoren und dem „vergrößerten“ Luftspalt der kleinen Motoren ist der Leistungsfaktor der Anlage niedrig. Um aus der bestehenden Anlage mehr Leistung herauszuholen, hat man beschlossen den Leistungsfaktor zu verbessern. Zu diesem Zweck wurde eine Kondensatoranlage von 14,3 MVA bestellt. Die guten Ergebnisse mit dieser haben eine Nachbestellung von 14,4 MVA veranlaßt.

Sy

## Verschiedenes

DK 621.315.616 (042)

### Kunststofftagung in Wiesbaden

Die Kunststoffe sind mit einer Welterzeugung, die bereits im Jahre 1950 — ohne Berücksichtigung von Chemiefasern und synthetischem Kautschuk — 1,3 Mio. t erreichte, nunmehr in ihr industrielles Zeitalter eingetreten, und die Kunststoffindustrie Westdeutschlands, die im Jahre 1951 wieder an die zweite Stelle hinter den USA aufrücken dürfte, hat damit ihre frühere Bedeutung wieder erlangt.

Diese erfreuliche Tatsache fand ihre Bestätigung durch das diesjährige Treffen der Kunststoffindustrie vom 22. bis 26. Oktober in Wiesbaden, das mit einer Zahl von etwa 1200 Teilnehmern zu einem großen Erfolg wurde und durch die Beteiligung von etwa 200 ausländischen Gästen und den Umstand, daß von 20 Fachvorträgen drei von ausländischen Rednern gehalten wurden, ein gewisses internationales Gepräge erhielt.

Es ist bekannt, daß in die Elektrotechnik etwa zwei Drittel der Preßteile auf Harzbasis eingehen. Nach den statistischen Unterlagen des Gesamtverbandes der kunststoffverarbeitenden Industrie (GKV) steht die Elektrotechnik im Jahre 1951 mit 26% (wertmäßig) der gesamten Kunststoffverarbeitung an erster Stelle der Kunststoffherzeugnisse aufnehmenden Industrien.

In den Fachvorträgen über aktuelle Themen aus den Gebieten der Erzeugung, Verarbeitung, Anwendung und Prüfung von Kunststoffen, wurde zwar der Elektrotechniker nicht unmittelbar angesprochen; die zahlreiche Beteiligung von Fachleuten aus dem elektrotechnischen Gebiete dürfte jedoch den Beweis erbracht haben, daß auch für sie die Vortragsthemen von Interesse waren.

In seinem Vortrag „Die Messung der Elastizität und der Viskosität von geschmolzenem Polyäthylen“ berichtete Dr. E. A. W. Hoff, Leiter der Physikalischen Abteilung in den Forschungslaboratorien der Imperial Chemical Industries Ltd., Plastics Division, über Experimente, die gestatten, getrennte Werte für einen Schermodul und für eine Viskositätskonstante von Polyäthylen abzuleiten und diese Größen in Abhängigkeit von Temperatur und Molekulargewicht zu bringen.

Diese Forschungsergebnisse sind auch für die Elektroindustrie, in der das Polyäthylen für die Hochfrequenztechnik immer mehr an Bedeutung gewinnt, besonders interessant.

Mit dem die Kabelindustrie besonders angehenden Thema Strangpressen befaßte sich Dr. Meska't, Abteilungsvorstand der Farbenfabriken Bayer, Werk Dormagen, in seinem Vortrag „Die Wirkungsfunktionen von Schneckenpressen“ mit den noch nicht genügend erforschten physikalischen Vorgängen, während Dr.-Ing. Kiesskalt, Beratender Ingenieur und Dozent an der TH Braunschweig, in seinem Vortrag „Plastische Bearbeitung auf stetigen Schneckenmaschinen“ die neueren konstruktiven Erkenntnisse im Bau und in der Arbeitsweise von Schneckenpressen erläuterte.

In den Themen: „Zur Anwendungstechnik der Mischpolymerisate aus asymmetrischem Dichloräthylen und Vinylchlorid“ von Dr. P. Kränzlein, Chemiker der Anwendungstechnischen Abteilung der Chem. Werke Hüls, „Die Verwendung von Polyvinylalkohol und Polyvinylacetal“ von Dr. phil. nat. Georg Schulz, Leiter der Anwendungstechnischen Abteilung der Farbwerke Hoechst, „Erfahrungen über die Verarbeitung und Anwendung von Araldit als Bindemittel und als Gießharz“ von Dr.-Ing. chem. Konrad Mey-

erhans, Techn. Außendienst, Ciba AG., Basel, und „Über neuere Polyadditive und ihre technischen Anwendungsmöglichkeiten“ von Dr.-Ing. H. Orth, Abteilungsleiter im Wissenschaftlichen Laboratorium der Dynamit-Actien-Gesellschaft Troisdorf, wurde u. a. auf die Bedeutung hingewiesen, die diese neuen Kunststoffe auch für die Elektrotechnik gewinnen werden; so z. B. Formaldehydacetale für Kombinationslacke aus Phenol- oder Xylolformaldehydharzen zur Drahtisolation, oder Araldit und Polyätheracetal für die elektrischen Apparatebau. Auch die Vorträge „Probleme der Preßstoffanwendung für den Konstrukteur“ von Dr. phil. G. B. von Hartmann, Geschäftsführer der H. Römmle G. m. b. H., Groß-Umstadt, und „Gedanken über die Prüfung von Kunststoffen“ von Ir. Dirk van Wijk, Chemischer Ingenieur, Abteilungsleiter des Kunststoffeninstituts T.N.O. Delft/Holland, in denen zu den bisherigen Prüfmethode für Preßstoffe kritische Stellung genommen wurde und neue Anregungen vermittelt wurden, dürften insbesondere für den Konstrukteur, den ja das Verhalten der Preßlinge und Apparate im praktischen Gebrauch besonders angeht, von großem Interesse gewesen sein.

Die Vorträge werden in ihrem vollen Wortlaut in einer Sonderheft der Zeitschrift „Kunststoffe“ im Dezember 1951 veröffentlicht. Es sei in diesem Zusammenhang auf die im Verlag der Zeitschrift „Chemische Industrie“ erschienene Monographie „Kunststoffe in Deutschland“ verwiesen, die ein geschlossenes Bild über den derzeitigen Stand der Erzeugung, Verarbeitung und Anwendung aller Kunststofftypen vermittelt.

R. Röhm

**Arbeitsgemeinschaft Energie.** — Die Spitzenverbände der Energiewirtschaft, die „Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke — VDEW“ einerseits und der „Verband deutscher Gas- und Wasserwerke — VGW“ andererseits haben zu Zwecken gemeinsamer Arbeit und Vertretung eine „Arbeitsgemeinschaft Energie — AGE“ gegründet. Die Aufgaben dieser Arbeitsgemeinschaft Energie werden insbesondere im rechtlichem, finanzwirtschaftlichem und steuerlichem Gebieten liegen. Sie hat ihren Sitz in Frankfurt a. M., Bockenheimer Landstr. 109.

**Unesco-Sekretariat in Deutschland.** — Das Sekretariat der Unesco teilt mit, daß nach der Aufnahme der Deutschen Bundesrepublik als Mitgliedstaat in die Unesco nunmehr in Deutschland ein Sekretariat eingerichtet wird unter der Anschrift: Sekretariat des Deutschen Nationalen Komitees der Unesco, Köln, Hansaring 24, Fernsprecher: 72 218. Fernhat das Sekretariat mitgeteilt, daß Deutschland der St. dreier internationaler Institute werden wird: Unesco-Institut für Soziologie, Köln, Claudius-Straße 1, Unesco-Institut für Erziehung, Freiburg, Güntheral-Str. 70, Unesco-Institut für Jugend, München (Anschrift steht noch nicht fest).

### Kostenechte Preise in der Energieabsatzwirtschaft

In dem auf den Seiten 693 und 694 dieses Heftes abgedruckten Referat ist auf S. 694 in der 18. und 19. Zeile links zu ändern in:

insbesondere im Belastungsvergleich zugeteilt.

Da der letzte Absatz dieses Referates den Inhalt der Dissertation nicht ganz allgemein verständlich wiederholt, sei er hier in etwas klarerer Form nochmals abgedruckt.

Innerhalb des die wirklichen Belastungslinien umschließenden Rechteckes aus  $S_{NI}$  = Spitzenbelastung im Netzteil im Netzteil in kWh/h und der Jahresstundenzahl  $W$  wird der jeweilige Festkostenanteil für Verbrauch und Ruheverbrauch  $k_{VI}$  getrennt festgestellt. Dabei benutzt man die Stundenanzahlwerte  $L_{NI+}$  und  $L_{NI-}$  in kWh/h, also die im Netz oder Netzteil abgegebenen (+) oder gerade ruhenden (—) kWh, die Mittelwerte  $L_{VI+}$  und  $L_{VI-}$  in kWh/h, also die beim Verbraucher in Anspruch genommenen (+) oder ruhenden (—) kWh. Der Kostenanteil des Verbrauchers ist z. B.  $k_{VI+} = k_{IIN+} \cdot q_{VI+}$ , d. h. der Kostenanteil, der dem Verbraucher zur Zeit  $i$ , im Zeitteil  $i$  etwa gleich 1  $S_{NI}$  zufällt, ist gleich dem Produkt aus dem übergeordneten Kostenanteil dieses Zeitteiles und der Verhältniszahl  $q_{VI+}$ . Diese wird gerechnet für die Netzabgabe mit  $L_{VI-}$ . Es kommt der Kostenanteil  $k_{VI-} = k_{IIN-} \cdot q_{VI-}$ . Seine Bestimmung erfolgt im gleichen Sinne mit dem Ruheverbrauch  $L_{VI-}$  auch der Nichtabnahme  $L_{VI-}$ . Im Rahmen der Richtschnur der Tages-Jahreslinie ergeben sich so schließlich aus den Messungen ruhende Kostenanteile und Preise.

Die Schriftleitung

## A. Hermann †

Direktor Alfred Hermann hat am 12. Oktober 1951, kurz vor Vollendung seines 76. Lebensjahres, für immer die Augen geschlossen. Mit ihm ist ein Elektrotechniker heimgegangen, der den großartigen Aufschwung seines Fachgebietes von seinen ersten Anfängen an, als er im Jahre 1897 seine Laufbahn begann, persönlich miterlebt hat. Er zählte zu den Pionieren der Installationstechnik und des Installationsmaterials und hat sich durch zahlreiche Veröffentlichungen auf diesem Gebiet hervor getan.

Mehr als 40 Jahre war er in den Diensten der AEG tätig und hat als einer der ersten und führenden Ingenieure in diesem Unternehmen wichtige Zweige der Entwicklung und Forschung geleitet. In den letzten Kriegsjahren noch mit einer für sein vorgeschrittenes Alter sicherlich nicht leichten aber sehr bedeutsamen Fabrikationsaufgabe betraut, hat er es sich auch nach dem Zusammenbruch nicht nehmen lassen, unter den schwierigsten Bedingungen in Berlin mit vollster Hingabe für sein Unternehmen tätig zu sein. Darüber hinaus griff er unermüdlich die Gemeinschaftsarbeit wieder auf, die ihm zeitlebens besonders am Herzen gelegen hat. Für die Sicherheit des sich im täglichen Leben seiner universellen Helferinnen Elektrizität bedienenden Menschen zu sorgen, war die mit seinem Ingenieurschaffen aufs engste verknüpfte Aufgabe, der sich A. Hermann voll und ganz verschrieben hatte. Wie nur wenige verfügte er über die Gabe, gerade die hierzu erforderliche Gemeinschaftsarbeit nicht nur ins Leben zu rufen sondern sie auch fruchtbar zu gestalten. Er verstand es vorbildlich, stets das Gemeinsame in den Vordergrund zu stellen, das Trennende jedoch zu respektieren und zu überbrücken. Sowohl sein hohes Verantwortungsbewußtsein als auch seine Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit waren in seltener Weise mit objektiver aber auch weitsichtiger und großzügiger Beschränkung auf das Wesentliche gepaart. Alle diese Qualitäten sind insbesondere seinem Wirken beim Aufbau des elektrotechnischen Prüfwesens in Deutschland zugute gekommen. Aus der Entwicklung dieses wichtigen Zweiges der Gemeinschaftsarbeit des VDE ist der Anteil, den A. Hermann beigesteuert hat, nicht mehr fortzudenken.



Seit der Gründung der VDE-Prüfstelle im Jahre 1920 hat er deren Beirat angehört, in dem damals kein geringerer als der im Jahre 1925 verstorbene Georg Klingenberg den Vorsitz führte. In der Folge wurde dann A. Hermann dieser Vorsitz übertragen, den er ununterbrochen bis zum Ende des Krieges innehatte. Nach dem Kriege war es vor allem seiner persönlichen Initiative zu verdanken, daß auch in Berlin die für die Sicherheit des Elektrizitätsverbrauchers so wichtige Überwachungs- und Prüftätigkeit wieder aufgenommen werden konnte. Sein ganzes Streben war darauf gerichtet, den Zusammenhang zu wahren zwischen dem, was im Westen vollständig neu ins Leben gerufen werden mußte und dem, was in der ehemaligen Zentralstelle des Prüfwesens noch vorhanden war. Bis in die letzten Wochen seines Krankenlagers galt dieser Aufgabe seine ganze Sorge.

Das Wirken und die Erfolge des Verstorbenen haben ihn auch weit über die Grenzen seines Landes hinaus bekannt gemacht. In ausländischen Fachkollegenkrei-

sen, mit denen er durch die intereuropäische Gemeinschaftsarbeit in der ehemaligen JFK — der heutigen CEE — in engster Verbindung stand, genoß er als erfahrener Experte einen ausgezeichneten Ruf. Auch hier waren es neben den fachlichen vor allem seine menschlichen Qualitäten, die ihm überall Freunde erwarben.

So hat die deutsche Elektrotechnik in Alfred Hermann einen hervorragenden Menschen und ausgezeichneten Ingenieur verloren. Mit ihm ist eine Persönlichkeit aus dem Leben geschieden, die immer mehr gegeben als genommen hat. Im Andenken derer, die A. Hermann näher gekannt haben, wird er als ein Freund fortleben, für den das Dichterwort Verpflichtung war:

Niemanden hassen,	Die ewige Meinung,
Jeden belassen	Das macht genesen
In seinem Wesen,	Zum Allumfassen,
In jedem lesen	Zur Allvereinung.

W. Zimmermann

## A. Bürklin †

Am 2. Oktober 51 starb unerwartet im Alter von 66 Jahren Dipl.-Ing. Adolf Bürklin, OBERINGENIEUR der Siemens-Schuckertwerke. Mit ihm verliert der Freileitungsbau einen im In- und Ausland bekannten Fachmann, der sich besonders durch seine maßgebliche Mit-



wirkung bei der Ausarbeitung und ständigen Verbesserung der VDE-Freileitungs-Vorschriften ein bleibendes Denkmal gesetzt hat.

A. Bürklin widmete sich nach seinem Studium zunächst dem Behälterbau und war dann seit 1914 bis zu seinem Tode bei den Siemens-Schuckertwerken, Abteilung Freileitungsbau, tätig, deren Leitung er im Jahre 1922 übernahm. Die ersten Jahre seiner Tätigkeit gehören noch der Zeit an, in der der Freileitungsbau, gemessen an dem heutigen Stand, seine erste bescheidene Entwicklungsperiode hinter sich hatte. Bei dem dann einsetzenden Bau von vielen Hochspannungsfreileitungen hat A. Bürklin bedeutsamen Anteil an allen hierbei aufgetretenen Problemen und Entwicklungsarbeiten gehabt. Viele größtenteils veröffentlichte Arbeiten über Sondergebiete des Freileitungsbauwesens, wie Entwicklung geeigneter Klemmen und Isolatoren, mechanisches Verhalten von Stahl-Aluminiumleitungen, Berechnung von Einblock-Fundamenten und in letzter Zeit Aufsätze über Beanspruchung von Freileitungen durch Wind und Eislast, geben Zeugnis von seinem umfassenden Wissen. Außer an zahlreichen Bauten im Inland hat A. Bürklin auch im Ausland, so in Irland, an der Erstellung von Hochspannungsfreileitungen maßgeblich mitgewirkt.

Überaus vielseitig war seine Tätigkeit in den Ausschüssen des VDE und anderen technischen Organisationen, vornehmlich in der VDE-Kommission für Starkstromfreileitungen, der er etwa 30 Jahre angehörte. Im Jahre 1933 wurde er Vorsitzender dieser Kommission, deren Geschicke er bis zu seinem Tode geleitet und der er sein ganzes Können und seine großen Erfahrungen zur Verfügung gestellt hat. Besonders in den letzten Jahren nach dem verlorenen Kriege hatte er es verstanden, hier in unermüdlicher Arbeit das bewährte Alte mit den neuen Erkenntnissen der Technik zusammenzufügen. Leider war es ihm nicht vergönnt, den Abschluß dieser Arbeiten zu erleben. Der unerbittliche Tod hat, viel zu früh, seinem Schaffen ein plötzliches Ende bereitet.

W. Rier

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postscheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Das VDE-Vorschriftenwerk

Verschiedene Anfragen zu Notizen in der „ETZ“ einerseits und der „Elektrotechnik“ andererseits veranlassen uns zu folgenden Feststellungen:

1. Die in der ETZ 71 (1950) Heft 3, Seite 75, veröffentlichte Bekanntmachung ist auch heute noch gültig. Danach sind auf Grund einer getroffenen Vereinbarung mit dem Deutschen Normenausschuß die von diesem bis jetzt übergangsweise als DIN-Blätter unter der Nummer 57... herausgegebenen Nachdrucke von VDE-Bestimmungen im Gebiet der Bundesrepublik anerkannt. Der Geltungsbereich dieser Bekanntmachung erstreckt sich auch auf Westberlin. Die Nachdrucke des DNA stimmen sachlich mit den VDE-Drucken überein und die Restbestände dieser Nachdrucke DIN 57... sind bei der Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin/Köln erhältlich.

2. Nachdem VDE-Vorschriftenstelle und VDE-Verlag GmbH. wieder voll arbeitsfähig sind, wird der VDE-Verlag das gesamte VDE-Vorschriftenwerk — teils als Neufassung, teils als Nachdruck der weiterhin gültigen unveränderten VDE-Bestimmungen — wieder vollständig herausgeben. Teilband 1 des VDE-Vorschriftenbuches (Gruppe 0 und 1) erschien im Mai 1951, Teilband 2 (Gruppe 2, 3 und 4) erschien im Oktober 1951, Teilband 3 (Gruppe 5, 6 und 7) erscheint im Frühjahr 1952, Teilband 4 (Gruppe 8) erscheint im Sommer 1952. — Damit werden bis etwa Mitte nächsten Jahres die gesamten, dann gültigen VDE-Arbeiten geschlossen als VDE-Drucke vorliegen und beim VDE-Verlag lieferbar sein<sup>1</sup>.

3. Die Herausgabe des von der Kammer der Technik, Berlin NW 7, Unter den Linden 12, bearbeiteten „Vorschriftenwerks Deutscher Elektrotechniker“, das in einigen Punkten von den VDE-Bestimmungen der Bundesrepublik abweicht, erfolgt unabhängig von obiger Regelung, ohne daß vertragliche Bindungen mit der Kammer der Technik bestehen.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

##### Anderung von VDE 0616

##### „Vorschriften für Lampenfassungen und Lampensockel bis 750 V“

Einsprüche gegen die in der ETZ vom 15. September 1951 Seite 561 veröffentlichte Bekanntmachung über Änderung des § 15 a) von VDE 0616/8.50 sind nicht erfolgt.

In § 15 a) wird daher als 2. Absatz eingefügt:

„Neben den Lehren nach den Normblättern DIN 49675 Blatt 1 und 2, DIN 49680 Blatt 1 und 2 und DIN 49685 Blatt 1 und 2 sind zum Prüfen der Kontaktgabe und des Berührungsschutzes bis zum 31. Dezember 1952 wahlweise auch die Lehren nach Bild 2 (Tiefen- und Weitenlehren) und Bild 3 (Berührungsschutz-Prüflehren) — früher DIN VDE 9616 und DIN VDE 9617 — zulässig.“

Diese Änderung wurde vom Vorstand des VDE im Oktober 1951 genehmigt und mit Wirkung vom 1. Dezember 1951 in Kraft gesetzt. Die Änderung ist als Sonderdruck unter der Bezeichnung VDE 0616 d/12.51 vom VDE-Verlag Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 111 und VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, zum Preise von 0,30 DM zu beziehen.

##### Inkraftsetzung von VDE 0641/1.52 „Vorschriften für einpolige Leitungsschutzschalter bis 25 A 380 V“

Die Einsprüche gegen den in der ETZ 70 (1949) Heft 15, Seite 449 veröffentlichten Entwurf VDE 0641/49 wurden in dem Arbeitsausschuß „Leitungsschutzschalter“ der VDE-

<sup>1</sup> Über die Lieferbarkeit der zur Zeit gültigen VDE-Arbeiten (Stand vom 1. Oktober 1951) wird von der VDE-Verlags GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Straße 111, oder Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, ein Verzeichnis kostenlos abgegeben.

Kommission „Installationsmaterial“ unter Vorsitz von Herr Direktor Schachtner ordnungsgemäß behandelt und der Entwurf einer von der VDE-Kommission „Installationsmaterial“ genehmigten Überarbeitung unterzogen.

Die Schlußfassung wurde vom Vorstand des VDE im Oktober 1951 genehmigt und mit Wirkung vom 1. Januar 1952 in Kraft gesetzt.

Sonderdrucke von VDE 0641/1.52 können vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, und Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, zum Preise von 1,40 DM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

##### Neufassung von VDE 0470 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren“

Die Vorschriftenstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker hat gemeinsam mit maßgebenden Fachleuten den Entwurf für eine Neufassung von VDE 0470 „Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren“ zusammengestellt.

Der Entwurf kann vom VDE-Verlag, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, und Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 111, zum Preise von 5,— DM bezogen werden.

Es ist beabsichtigt, diese Neufassung ab 1. Februar 1952 in Kraft zu setzen. Die bisherige Fassung von VDE 0470 soll für solche Vorschriften, die vor dem 1. Januar 1952 erschienen sind, bis auf weiteres gültig bleiben.

Einsprüche gegen diesen Entwurf können bis zum 31. Dezember 1951 in zweifacher Ausfertigung bei der VDE-Vorschriftenstelle, Frankfurt am Main, Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

## SITZUNGSKALENDER

- Berlin:** EV Berlin, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33  
13. 12. 51, 18.15, Technische Universität, Berlin-Charlottenburg, Hauptbergstr. 34, Hörsaal EB 301: „Richtfunkverbindungen der neuzeitl. Nachrichtentechnik“, Dr. H. Werrmann, Berlin
- Hamburg:** VDE-Bezirk Hansa, Hamburg 1, Gerhart-Hauptmann-Platz 4  
13. 12. 51, 17.00, großer Vortragssaal des Museums für Völkerkunde, Friedenthalbaumschule 64: „Technische Physik der elektrischen Kontakte“, Prof. Dr. phil. Justi, Braunschweig
- Hannover:** ETG Hannover, Bischofsholer Damm 70  
18. 12. 51, 18.00, Technische Hochschule Hannover, Hörsaal 42, Erdwestl. Seitenflügel: „Querfeldverstärkermaschinen bei Dreistreifenantrieben“, Obering. Nagel
8. 1. 51, 18.00, Technische Hochschule Hannover, Hörsaal 42, Erdwestl. Seitenflügel: „Wirtschaftliche Gesichtspunkte für den Bau von Hochspannungs-Schaltanlagen“, Obering. Fieck
- Köln:** VDE-Bezirk Köln, Wörthstr. 9  
14. 12. 51, 17.30, Haus der Technik: „Elektronische Steuerungen und deren Anwendung“, Dr. Nahrgang, Mannheim
- München:** ETV München, Blumenstr. 28  
13. 12. 51, 18.00, Deutsches Museum, Vortragssaal 2: „Der Schutz- und Überwachungseinrichtungen für Transformator“, Obering. Dipl.-Ing. Parschak, Mannheim
- Berlin:** Technische Universität Berlin-Charlottenburg, Außeninstitut  
8. 1. 52, 18.00, Hörsaal EB 301: „Übertragung von Fernsichtbildern im Weitverkehr“, Dr. H. Werrmann, Berlin

## PERSONLICHES

**H. Barkhausen.** — Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. e. h. Heinrich Barkhausen wird am 2. Dezember 70 Jahre alt. A. Barkhausen, die ihn in letzter Zeit wiedersehen konnten, wissen, was man ihm diese sieben Jahrzehnte kaum anmerkt. Mit bewundernswerter Zähigkeit hat er die Zerstörung seines Institutes, die Vernichtung der Stadt Dresden, den Zusammenbruch und den Winter 1946/47 ertragen. Schon vor dem Kriege bedrückte ihn das Bewußtsein der drohenden Katastrophe, die er kommen sah.

Nach kurzem Aufenthalt in seiner Lüneburger Heimat kehrte er 1946 nach Dresden zurück, und seine treue Gattin teilte bald mit ihm das Leben in der zerstörten Stadt. Sein Institut, das 1911 unter seiner Leitung entstanden war, wurde



nach dem ersten Weltkriege mustergültig ausgebaut wurde, war nur noch eine Ruine. Man mußte ganz von vorn anfangen. Seine Sekretärin und der Institutsmeister halfen ihm wie damals in der Zeit des ersten Aufbaues. Jetzt ist das Institut für Schwachstromtechnik größer und schöner als neue erstanden. Jüngere Kräfte werden es weiterführen. Aber es bleibt untrennbar verbunden mit der Persönlichkeit Barkhausens, die es von der Gründung bis jetzt gestaltete.



Die Arbeiten Barkhausens, das Problem der Schwingungserzeugung, der Barkhausen-Effekt beim Magnetisieren des Eisens, die Barkhausen-Kurzschwingungen, die Arbeiten über Elektronenröhren und über Fragen der Akustik, zeichnen sich sowohl in der Theorie als auch im Experiment durch eine meisterhafte Einfachheit aus. Immer versteht es Barkhausen, das Wesentliche einer Erscheinung zu erfassen, so daß sie, unbeschwert von verwirrenden Nebenvorgängen, leicht verständlich formuliert werden kann. Deshalb waren auch seine Vorlesungen so stark besucht, deshalb werden seine Bücher seit 25 Jahren mit unvermindertem Interesse gelesen, weil Barkhausen immer Grundsätzliches in übersichtlicher Form darbot.

Seine zahlreichen Schüler, von denen heute viele in der Industrie an leitender Stelle stehen, verdanken ihm nicht nur ihr Fachwissen, sie verehren in ihm auch den Menschen, dessen Hilfsbereitschaft, Bescheidenheit und Tatkraft immer vorbildlich bleiben werden. Möge er noch viele Jahre an dem Ausbau der von ihm gelegten Grundlagen Anteil nehmen.

M. Pohontsch

**Hochschulnachrichten.** — Herrn Direktor Franz Schütz in Biederich wurde von der Technischen Hochschule Aachen auf Antrag der Fakultät für Maschinenwesen und Elektrotechnik der akademische Grad und die Würde eines Doktor-Ingenieurs Ehren halber verliehen in Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung der Schweißtechnik, insbesondere der Auftragsschweißung und der Schweißdrähte, sowie um die Einführung der Elektroschweißung im Schiffbau. of

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.31.01 (022.3)

**Allgemeine Wechselstromlehre.** Erster Band: Grundlagen. Von Prof. Dr.-Ing. H. F. Schwenk hagen. Mit 544 S., 420 B.; Format 17X25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 39,— DM.

Für den Elektroingenieur ist die Theorie der Wechselströme die Grundvorlesung, mit der er sich nach abgelegter Diplom-Vorprüfung zu befassen hat. Wenn H. F. Schwenk hagen den Titel geändert hat, so hat er damit die Aufgabenstellung umreißen wollen. Leider hatte sich in den letzten Jahrzehnten eine scheinbare Aufspaltung der Disziplinen der Elektrotechnik ergeben, wie sie ursprünglich in den beiden Begriffen Stark- und Schwachstromtechnik zum Ausdruck kam, und die Sprache beider Richtungen schien doch

ziemlich verschieden zu sein. Nun hat aber die Entwicklung gerade der letzten Jahre gezeigt, daß eine solche Aufspaltung oder etwa eine nach den für ein Gebiet vorherrschenden Frequenzen gar nicht gerechtfertigt ist. Das vorliegende Buch zeigt die gemeinsamen Gesichtspunkte auf und findet damit den Weg, der die Elektrotechnik vor einer noch tiefergehenden Aufspaltung bewahren wird.

Wichtig ist auch der dem Buch zugrunde liegende Gedanke, dem Studierenden die Einarbeitung in das behandelte Gebiet nur mit demjenigen mathematischen Aufwand zu ermöglichen, der für ihn als Elektrotechniker sowieso gegeben ist. Bei vielen Rechenverfahren liegen die Verhältnisse doch so, daß sie, für einen bestimmten Zweck angewandt, durchaus sinnvoll und notwendig erscheinen, aber nicht, wenn das betreffende Problem nur einmal behandelt wird. In diesem Fall ist der Mehraufwand durch Anwendung eines einfacheren, aber nicht so eleganten Rechenverfahrens durchaus richtig, weil der scheinbare Gewinn vielfach durch die Einarbeitungs- oder Wiedereinarbeitungszeit in ein wenig benutztes Verfahren vollkommen verloren geht.

Von den beiden für den Elektroingenieur wichtigen Rechenverfahren, dem symbolischen Rechenverfahren und der Heavisideschen Operatorenrechnung ist das erstere besonders ausführlich behandelt, da es für die quasistationären Vorgänge praktisch unentbehrlich ist, während das andere anscheinend auch vorbereitend für den zweiten Band behandelt wird, wo es für die Behandlung der nichtstationären Vorgänge kaum zu entbehren sein wird. Nicht gearbeitet wird im ersten Band mit der Vektoranalysis, da man ohne sie auskommen kann, jedenfalls eher als ohne symbolische Rechenverfahren und die daran anschließende Zeigerdarstellung. Beiden bevorzugt behandelten Rechenverfahren ist gemeinsam, daß anstelle von Differential- und Integralgleichungen „algebraisierte“ Gleichungen stehen. Es sei gestattet, die Hauptabschnitte des Buches zu nennen. Nach einführenden Abschnitten „Die Grundgesetze der elektrischen Stromkreise“ und „Allgemeines über Wechselströme und Spannungen“ folgen Abschnitte über den einwelligen Strom, den mehrwelligen Strom, mehrphasige Systeme, Einfluß der Nichtlinearität der Eisenmagnetisierung, Schaltvorgänge in quasistationären Kreisen und Energieübertragung im Drehfeld.

Dankenswerterweise sind in einem ausführlichen Anhang wichtige Zusammenstellungen gegeben. Die einheitliche Benutzung von Buchstaben und Symbolen erleichtert das Durcharbeiten des Buches sehr.

Zu wünschen ist, daß Band 2, dessen Inhaltsübersicht dem Band 1 angeschlossen ist, bald erscheinen möchte, da er eine Erweiterung des ersten Bandes in den Punkten verspricht, deren Behandlung ohne Einbuße an wissenschaftlicher Strenge zunächst elementar erfolgen sollte. Dem Buch ist eine große Verbreitung nicht nur unter den Studierenden wegen seines klaren pädagogischen Aufbaus zu wünschen, sondern es wird auch dem älteren Fachgenossen ein wertvolles Hilfsmittel zur Auffrischung seiner Kenntnisse sein. Ausstattung und Druck sind so, wie man es vom Springer-Verlag gewöhnt ist.

Harald Müller

DK 621.3.014.3 (023.3)

**Berechnung von Kurzschlußströmen** in Hoch- und Niederspannungsanlagen. Von Martin Gerlach. Mit 61 S., 72 B., Format DIN A 5. Verlag Technik, Berlin 1951. Preis kart. 3,20 DM.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in fünf Abschnitte. I. Überblick über die Kurzschlußvorgänge, II. die Widerstände der Kurzschlußbahn, ihre Berechnung und Zusammenfassung, III. das praktische Berechnungsverfahren und seine Anwendung, IV. Kurzschlußwirkungen, V. Mittel zur Begrenzung der Kurzschlußströme.

Trotz seines geringen Umfanges bringt das Buch alles Wesentliche zur praktischen Ermittlung der Kurzschlußströme in elektrischen Anlagen. In Rechenbeispielen wird die Anwendung des Berechnungsverfahrens gezeigt. Zu begrüßen wäre es, wenn bei einer Neuauflage auch die Kurzschlußverhältnisse in Gleichrichteranlagen behandelt würden. Das Buch ist für den Betriebsingenieur wie auch für den Projektierungsingenieur geschrieben, aber auch Studierenden an Fach- und Hochschulen wird es von großem Nutzen sein. Auf einen kleinen Druckfehler sei aufmerksam gemacht: In Tafel 1, Seite 18, muß es wohl Umdr./min. heißen, nicht Umdr./s.

E. Kluss

DK 621.396.62 : 621.396.64 (022.4)

**Verstärker und Empfänger.** Von Dr. techn. Dr.-Ing. e. h. M. J. O. Strutt. (Lehrbuch der drahtlosen Nachrichtentechnik, Bd. IV, Hrsg. N. v. Korshenewsky und W. T. Runge). 2., verb. Aufl. Mit 422 S., 425 B., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 46,50 DM.

Dieser 4. Band des bekannten Lehrbuches der drahtlosen Nachrichtentechnik berücksichtigt das Schrifttum bis Ende 1949. Er ist mit großer Gründlichkeit geschrieben, wiederholt kurz die für das Verständnis erforderlichen Grundlagen der Vierpol-Theorie, der Röhreneigenschaften, der Modulationsverfahren usw., so daß der Leser in jedem Abschnitt schnell in die zu behandelnden Fragen eingeführt wird. Ein besonderes Kapitel ist den Schalt- und Bauteilen gewidmet.

Im Teil „Verstärker“ ist insbesondere die Anpassung der Endstufe vom Gesichtspunkt optimaler Leistungsabgabe und größten Wirkungsgrades vorzüglich dargestellt. Die Verstärkung nichtperiodischer Vorgänge wird durch ihre Rückführung auf einen einfachen Einschaltvorgang sehr zweckmäßig behandelt.

Im Teil „Empfänger“ sind Verfahren zur Verringerung der Wirkung spontaner Schwankungen ausführlich erörtert, ebenso die Maßnahmen zur Verringerung der über die Antenne und den Netzteil eintretenden Störungen. Bezüglich der Empfänger für Frequenzmodulation ist das Wesentliche gebracht, ohne daß der Leser durch die Fülle der auf diesem Gebiet bestehenden Möglichkeiten abgelenkt wird. In dem Abschnitt über den Empfang impulsmodulierter Wellen wird auf das neueste Schrifttum verwiesen. Ein Kapitel über Gestaltung und Normung von Empfängern und eines über Meßgeräte und Meßverfahren vervollständigen den zweiten Teil.

Das Buch ist für jeden, der den behandelten Stoff gründlich zu verstehen wünscht, eine wertvolle Hilfe zum Lernen und Nachschlagen.

E. Roessler

DK 621 (022.2)

**Motoren.** Von Hans Zumbühl. 2. erw. Aufl. Mit 293 S., 171 B., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1948. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- und Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 11,50 DM.

Behandelt werden nicht, wie der Titel im ersten Augenblick vermuten läßt, Antriebsmaschinen aller Art, sondern gemäß dem Untertitel nur die Fragen, die den Aufbau, die Wirkungsweise und den Betrieb von Wärmekraftmaschinen betreffen. Wertvoll ist, daß neben den mehr bekannten Maschinenarten — Kolbendampfmaschinen, Dampfturbinen (einschl. Dampfkessel) und Verbrennungsmotoren — auch die jüngsten Entwicklungen auf diesem Gebiet — Gasturbinen mit innerer und äußerer Verbrennung und Rückstoßantriebe aller Art wie Strahl- und Raketentriebwerke — in die Betrachtung einbezogen sind. Auch von den Brennstoffen wird ein Überblick über die Gewinnung, Bearbeitung und Eigenschaften gegeben.

Das Buch ist darauf abgestellt, weitere Kreise mit dem Stoff vertraut zu machen. Daher ist die Darstellung allgemein verständlich; trotzdem bleibt sie nicht in einer reinen Beschreibung stecken, sondern bemüht sich, die inneren Zusammenhänge auch für den nicht vorgebildeten Leser offenzulegen. Dieses Ziel wird ohne viele Formeln erreicht, wobei zahlreiche Schemabilder wertvolle Hilfe leisten. Natürlich bringt diese Art der Darstellung mit sich, daß manches stark vereinfacht ist und nicht alle Dinge exakt behandelt werden können. Angenehm berührt, daß für den Laien schwer verständliche Vorgänge — wie etwa der Energieumsatz bei Turbinen — trotzdem durch Vergleiche mit bekannten Tatsachen anschaulich gemacht werden.

An einigen wenigen Stellen weicht die Bezeichnungsweise etwas von der in Deutschland üblichen ab, aber etwaige Unklarheiten, die dadurch entstehen könnten, sind bei der guten Auswahl der Bilder, Schnittzeichnungen wie auch Lichtbilder, ausgeschlossen. Diese berücksichtigen im wesentlichen Schweizer Konstruktionen, die bei den Gasturbinen als führend und bei den anderen Maschinen als ausgezeichnet bekannt sind; ein umfassender Überblick ist dadurch gesichert.

Allen, die ohne spezielle Fachkenntnisse sich mit dem Wesen der Wärmekraftmaschinen vertraut machen wollen, wird das Buch eine gute Hilfe bedeuten. W. Schröder

DK 621.311.1 (433) (041)

**30 Jahre Bayernwerk AG. 1921—1951.** Mit 211 S., zahlr. B., Format 21×30 cm, auf Kunstdruckpapier. Hrsg. Bayernwerk AG, München 1951.

Anläßlich der 30. Wiederkehr seiner Gründung hat das Bayernwerk eine vorbildliche Festschrift herausgegeben. Entstehung und Entwicklung der Gesellschaft, der Wasser- und Dampfkraftwerke sowie der Verteilungsanlagen werden ausführlich behandelt. Interessante historische und technische Einzelheiten, zahlreiche wirkungsvolle Photos, Lagepläne, Reliefdarstellungen und graphische Schaubilder vermitteln auch dem weniger Eingeweihten einen ausgezeichneten Überblick. In weiteren Abschnitten wird auf die Bahnstromversorgung, den Umfang der Beteiligungen, ferner auf Organisation und Verwaltungsorgane eingegangen und auf die beachtenswerte soziale Betreuung der Mitarbeiter hingewiesen.

Es wäre zu wünschen, wenn diese lesenswerte Schrift auch weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden könnte.

R. Meister

## Eingänge

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

**Fehler und Fehlerschutz in elektrischen Drehstromanlagen.** In zwei Bänden. 1. Bd. Die Fehler und ihre Berechnung. Von Dr.-Ing. H. Lüttich. Mit 170 S., 100 B., Format 17×25 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis geb. 24,— DM.

**Werkstoff-Tabellen der Metalle.** Von Prof. Dr.-Ing. K. Wellinger u. Obering. P. Gimmel. Mit 70 S., 1 B., Format 13,5×20 cm. Astor Kröner Verlag, Stuttgart 1951. Preis Glw. 7,50 DM.

**Physik kurz und bündig.** (Physik-Skelett). Von Dipl.-Ing. W. Geisler. Neu, erw. u. verb. Aufl. Mit 95 S., Format 15,5×12,5 cm. Ernst Kasper Verlag, Coburg 1951. Preis geb. 6,80 DM.

**Das Sägen der Metalle.** Konstruktion und Arbeitsbedingungen der Sägeblätter, Auswahl der Maschinen. Von Dipl.-Ing. J. Hollaender. (Werkstattbücher. Hrsg. Dr.-Ing. H. Haake, Heft 40.) Mit 62 S., 114 B., Format 15,5×22,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Göttingen 1951. Preis 3,60 DM.

**Der elektrische Antrieb von Werkzeugmaschinen.** Von Dipl.-Ing. H. Birett. (Werkstattbücher Hrsg. Dr.-Ing. Haake, Heft 34.) Mit 60 S., 75 B., Format 15,5×22,5 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis 3,60 DM.

**Verpackung.** Erfahrungen einer englischen Studienkommission in der Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft, Auslandsreise. Heft 7. Mit 98 S., 14 B., Format 16,5×24 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis 3,30 DM.

**Ingenieure gezeichnet und gezeichnet.** Von F. Wellmann. Mit 22 S., zahlr. B., Format 16,5×21,5 cm. Karl Marklein-Verlag, Düsseldorf 1951. Preis Glw. 9,60 DM.

**Praktische Mathematik.** Von Prof. Dr. phil. H. v. Sandt. Teubners Mathematische Leitfäden, Bd. 44) 2. erw. Aufl. Mit 120 S., 25 B., Format 14,5×20,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis kart. 3,80 DM.

**Fernsehen.** Von F. Kerkhof u. Ir. W. Werner. Mit 36 S., 406 B., 2 Taf., Format 16×24 cm. Verlag Deutsche Philips GmbH, Hamburg 1. Preis Glw. 28,— DM.

**Störstrahlungsmittel.** (Siemens Bauelemente, Liste Be 10, August 1951.) Mit 32 S., zahlr. B., Format 15×21 cm. Siemens & Halske AG, Werk für Radiotechnik, Erlangen.

**Arbeitsunterweisung.** Von Prof. Dr.-Ing. J. Riedel. (Reifebuch Bd. 4.) Mit 63 S., 8 B., Format 17×24,5 cm. Carl Hanser Verlag, München 1951. Preis Hflw. 5,80 DM.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. Erich Bergmann, Siemens-Schuckertwerke, Erlangen  
H. Draeger, Klöckner-Moeller GmbH, Bonn, Immenburgstr. 7—11  
Dr.-Ing. Hugo Fark, Wanne-Eickel, Kurhausstr. 101a  
Prof. Dr. Hans Prinz, Technische Hochschule, München 2, Walterstr. 1  
Dyck-Platz 1  
H. Scheuß, Klöckner-Moeller GmbH, Bonn, Immenburgstr. 7—11  
Dipl.-Ing. Werner Stockmayer, Elektrotechn. Laboratorium, Seelgart-N., Mönchhaldenstr. 129  
Dipl.-Ing. Robert Wider, Minden i. W., Marienstr. 97

Diesem Heft liegen Prospekte der Firma Akt.-Ges. A. Herzig, Wuppertal, über „Allgemeines über Isolieröl-Aufbereitung“, und der Firma Wilhelm Paff, Wuppertal-Barmen, über „Harz-Schnelöl-Stammöl“ bei, die wir zu beachten bitten.

Einer Teilaufgabe dieses Heftes liegt ein Prospekt des Hermann Luchterhand-Verlags, Berlin, über „Rechts- und Steuerhandbuch für den selbständigen Handwerksmeister, den Einzelhändler und den kleinen Gewerbebetrieb“ bei.

Abschluß des Heftes: 16. November 1951

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jaccottet. — Zuschriften für die Schriftleitung sind nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung, ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99, Postfach 1144, Fernruf 57 57. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Friedrich-Ebert-Str. 11, Postfach 1144, Fernruf 379 59. Postcheckkonto Köln 987 4. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag, Postfach 1144, DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr, für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj. zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Unna i. W.

## Das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet

Von A. Kaltofen, Stuttgart

DK 621.314.224.3

**Übersicht.** Nach Beschreibung der Bedingungen, die für das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet gestellt werden, wird verhandelt, dieses Arbeitsgebiet der Stromwandler, nach einigen theoretischen Überlegungen, an Hand von Meßergebnissen allgemeingültig darzustellen. In den Auswertungen der Messungen werden Folgerungen für die Bemessung der Stromwandler und der angeschlossenen Geräte gezogen.

### Bedingungen für das Verhalten im Überstromgebiet

Für Stromwandler, besonders für die einzelnen Kerne der Stromwandler werden je nach Verwendungszweck für Meß- und Schutzzeineinrichtungen ganz verschiedene Bedingungen hinsichtlich des Verhaltens im Überstromgebiet gestellt. So sind bei den Schutzkernen zwischen den primären und sekundären Strömen eine angenäherte Proportionalität bis zu einem bestimmten Vielfachen des primären Nennstromes zu erreichen, damit auftretende primäre Überströme von den Meßgeräten getreu erfaßt werden können. Bei den Meß-

schützen. Dabei wird sowohl bei den Schutzkernen als bei den Meßkernen angenommen, daß die Sekundärströme der Wandler nach Erreichen des durch die Überstromziffer angegebenen Vielfachen des Primärstromes auch bei einem weiteren Ansteigen des Primärstromes, wie im Falle von Überlastungen oder von Kurzschlüssen in der Anlage, nur noch wenig größer werden und einen bestimmten Höchstwert nicht überschreiten. Außerdem wird erwartet, daß durch diese Begrenzung des Sekundärstromes auch die sekundäre Klemmenspannung der Stromwandler im Überstromgebiet in ihrer Höhe begrenzt bleibt. Das ist besonders bei Stromwandlern mit einem Nennsekundärstrom von 1 A wichtig, da hierbei die sekundäre Klemmenspannung schon bei Nennstrom 5mal so groß ist als bei der sonst normalen Stromstärke von 5 A. Sekundärströme von 1 A sieht man bei

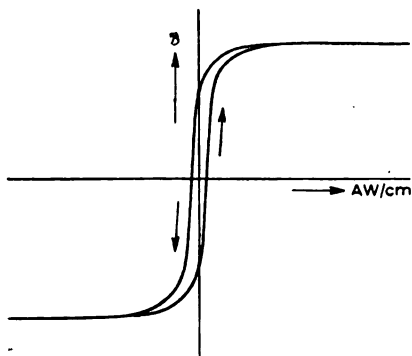


Bild 1. Flußkurve im Überstromgebiet.

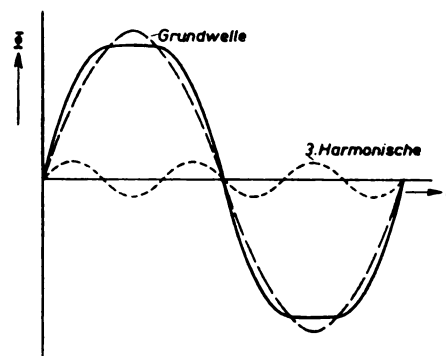


Bild 2. Spannungskurve im Überstromgebiet.

en sind dagegen höhere sekundäre Überströme unerwünscht, da Meßgeräte Überströme nur bedingt vertragen. Die verschiedenen Forderungen für das Verhalten der Meß- und Schutzkerne im Überstromgebiet werden durch die Festlegung einer Mindestgröße und einer Höchstgröße der Überstromziffer  $n$  ausgedrückt. (Die Überstromziffer  $n$  ist dasjenige Vielfache des primären Nennstromes an, bei dem unter Belastung des Kernes mit der Nennbürde der Meßfehler 10% erreicht.)

Für die Schutzkerne der Stromwandler bis einschließlich der Reihe 30 wird eine Überstromziffer  $n > 5$  oder  $n > 10$  gefordert. Bei Stromwandlern der Reihe 60 und der höheren Reihen soll die Überstromziffer  $10 < n < 20$  sein. Die verschiedenen Mindestgrößen der Überstromziffer für den Schutz sollen einerseits bezwecken, daß die Stromwandler bei einem bestimmten Vielfachen des primären Überstromes die Meßkerne bis einschließlich der Reihe 30 bis zur Auslösung der Schutzrelais erforderlichen Sekundärströme erreichen, andererseits aber ist erwünscht und wird bei den Stromwandlern ab Reihe 60 gefordert, daß die Sekundärströme bei weiterem Ansteigen des Primärstromes eine bestimmte Größe nicht überschreiten.

Für Meßkerne bis einschließlich der Reihe 30 ist eine Überstromziffer  $n < 5$  oder  $n < 10$  erwünscht, ab Reihe 60 ist eine Überstromziffer  $n < 5$  gefordert, um damit die an den Meßkernen angeschlossenen Geräte vor unzulässig hohen Überströmen zu

Stromwandlern für Freiluftaufstellung vor, damit der Leistungsverbrauch der Anschlußleitungen bei den in Freiluftanlagen zu überbrückenden, oft großen Entfernungen zwischen den Wandlern und den Meßgeräten nicht zu groß wird. Bei 1 A beträgt der Leistungsverbrauch einer Anschlußleitung nur  $1/25$  desjenigen bei 5 A.

Es galt nun zu untersuchen, ob diese Wünsche und Forderungen von normalen Stromwandlern eingehalten werden.

### Theoretische Betrachtungen

Das Verhalten eines Stromwandlers im Überstromgebiet läßt sich am besten durch dessen Überstromkennlinie darstellen, die den Sekundärstrom abhängig vom Primärstrom angibt. Der Verlauf der Überstromkennlinie eines Stromwandlers ist von verschiedenen inneren und äußeren Faktoren abhängig. Die inneren sind vom Kernmaterial, Kernaufbau, Kerninduktion, Windungsabgleich, Streuinduktivität und Eigenbürde, die äußeren von Größe und Leistungsfaktor der Nennbürde und vom Anteil von Eisen im magnetischen Kreis der Nennbürde abhängig. Alle diese Einflüsse lassen sich theoretisch außerordentlich schwer erfassen. Eine genaue Vorausberechnung der Überstromkennlinie sowie der im Überstromgebiet auftretenden sekundären Klemmenspannung ist nicht möglich, da im Überstromgebiet der Sekundärstrom und die sekundäre Klemmenspannung

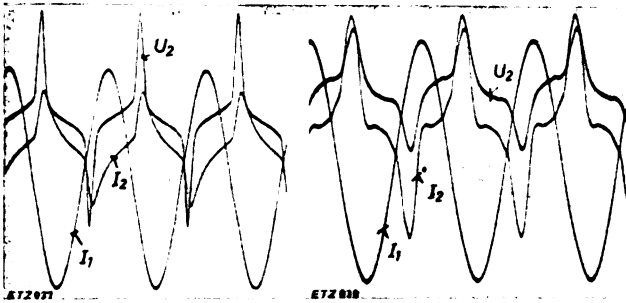


Bild 3. Bürde ohne Eisen.  $I_1 = 88,7$  fach. Bild 4. Bürde mit Eisen.  $I_1 = 91,3$  fach. Bild 3 und 4. Oszillogramme von  $I_1$ ,  $I_2$  und  $U_2$  im Überstromgebiet.

des Wändlers stark verzerrt sein muß, wie die nachstehenden theoretischen Überlegungen zeigen.

Im Gebiet hoher primärer Überströme ( $> n \cdot I_1$ ) durchläuft in jeder Halbwelle der magnetische Fluß das Sättigungsgebiet des Eisens. Hierdurch wird wie Bild 1 erkennen läßt, die Flußkurve abgeplattet. Eine derartige Kurve besteht aus einer Grundwelle und aus Oberwellen, vor allem einer positiven 3. Harmonischen. (Von den Harmonischen höherer Ordnungszahl soll der Einfachheit halber abgesehen werden.) Die von diesem Fluß induzierte Spannung ist somit stark zugespitzt, da sie neben der Grundwelle eine negative 3. Harmonische aufweist, deren Relativwert das Dreifache derjenigen der Flußkurve beträgt (Bild 2). Ist nun die Bürde des Wändlers induktionsfrei, so entspricht die Kurvenform des Sekundärstromes derjenigen der Spannung, soweit die sekundäre Streuspannung des Wändlers vernachlässigbar klein ist. Hat die Bürde dagegen einen induktiven Anteil, so wirkt dieser im gleichen Sinne wie die sekundäre Streuung des Wändlers, nämlich nach Maßgabe der Ordnungszahl reduzierend auf die Oberwellen des Sekundärstromes, da der Blindanteil des Sekundärkreises mit der Frequenz wächst.

Der die abgeplattete Flußkurve erzeugende Magnetisierungsstrom ergibt sich für jeden Augenblick aus der Differenz von Primär- und Sekundärstrom, da bei Stromwandlern in jedem Augenblick die Summe von Sekundärstrom und Magnetisierungsstrom gleich dem Primärstrom ist. Der Primärstrom kann als sinusförmig angenommen werden, der Sekundärstrom ähnelt in seiner Form der Spannungskurve, enthält also Oberwellen. Demnach muß der Magnetisierungsstrom ebenfalls Oberwellen gleicher Ordnungszahl enthalten, jedoch mit entgegengesetztem Vorzeichen. Diese Oberwellen vermögen an dem angenommenen Charakter der Flußkurve jedoch nichts Wesentliches zu ändern, da sie wegen der Magnetisierungskurve des Eisens, insbesondere im Sättigungsgebiet, keine Rolle spielen.

**Beschreibung der ausgeführten Messungen**

Durch die Verzerrung der Flußkurve sind nun die bekannten numerischen und graphischen Fehlerberechnungsverfahren für Stromwandler, wie sie z. B. von Fleischhauer [1], Schunck [2], Thal [3], Ritz [4] und Nölke [5] angegeben wurden, zur Bestimmung einer genauen Überstromkennlinie nicht anwendbar. Diese Verfahren setzen nämlich außer verschiedenen Vernachlässigungen und Annahmen vor allem einen sinusförmigen Spannungsverlauf voraus. Die Höhe der sekundären Klemmenspannung im Überstromgebiet ist damit ebenfalls durch Berechnung nicht zu

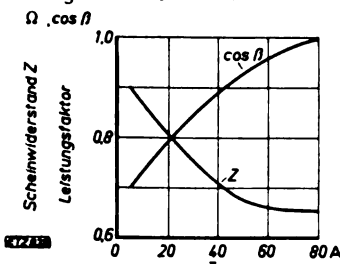


Bild 5. Kennlinien der Bürde mit Eisen.

ermitteln. Es wurden deshalb die zur Darstellung der Überstromkennlinien und der sekundären Klemmenspannungen erforderlichen Werte experimentell an Stromwandlern aufgenommen. Die Untersuchungen wurden an je einem normalen U-Rohr- und Kreuzrohr-Stromwandler der Reihe 10 mit einer Nenn-

übersetzung von 15/5 A und einer Nennleistung von 30 VA in Klasse 1, Überstromziffer  $n > 10$  durchgeführt. Die inneren Einflüsse, von denen der Verlauf der Überstromkennlinien dieser Stromwandler abhängig ist, entsprachen grundsätzlich auch denjenigen der Stromwandler der höheren Reihen, so daß die Ergebnisse der Untersuchungen auch für diese hauptsächlich interessierenden Stromwandler gelten. Für Stabstromwandler und Schleifenstromwandler sind diese Messungen auf Grund der anderen inneren Einflüsse dieser Bauformen nicht verwertbar.

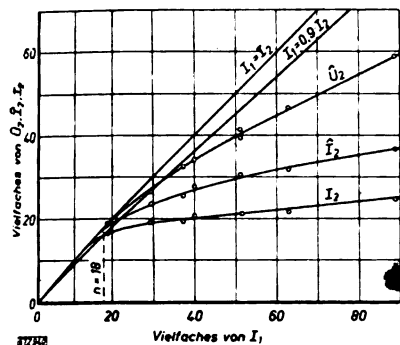
Da auf Grund der üblichen thermischen Festigkeit der Stromwandler die Einschaltedauer von hohen Überströmen auf so kurze Zeiten beschränkt sein muß, daß ein Ablesen von Instrumenten und die Aufnahme von einigen Meßpunkten im Überstromgebiet nicht möglich ist, wurden die Meßwerte oszillographisch aufgenommen, und zwar der Primär- und Sekundärstrom, sowie die sekundäre Klemmenspannung der Stromwandler während des kurzen Einschaltens von Überströmen. Bei der Auswertung der Sekundärströme wurden für die Darstellung in der Überstromkennlinie sowohl die Scheitelwerte als auch die unter Berücksichtigung der Kurvenformen der Oszillogramme sich ergebenden Effektivwerte ermittelt, da die Scheitelwerte durch die elektromagnetische Wirkung und die Effektivwerte durch die thermische Wirkung der Ströme für die Beanspruchung der Geräte maßgebend sind. Für die im Überstromgebiet auftretenden sekundären Klemmenspannungen wurden in der Kurvendarstellung die Scheitelwerte eingesetzt, da nur diese für die Spannungsbeanspruchung der Sekundärwicklung und der angeschlossenen Geräte, auf Grund der starken Verzerrungen dieser Spannungen, gewertet werden können. Die starke Verzerrung einer sekundären Klemmenspannung und eines Sekundärstromes bei einwandfreier Sinusform des Primärstromes zeigen die Bilder 3 und 4, die je ein Oszillogramm, bei Belastung eines Stromwändlers mit einer Bürde ohne Eisen bzw. mit Eisen, bei 88,7 bzw. 91,3fachem Primärstrom darstellen und die eingangs beschriebene theoretische Überlegung eindeutig bestätigen.

Die Untersuchungen wurden auch unter Berücksichtigung eines Eisenanteiles im magnetischen Kreis der Bürde durchgeführt, indem an die Wandler sowohl eine Bürde ohne Eisen, wie sie als Normalbürde bei der Abgleichung des Stromwandler benutzt wird, als auch eine nachgebildete Bürde mit Eisen, wie sie ungefähr für einen Schutzkern geschlossen wurde. Die Kennlinien der gewählten Eisenbürde, die aus einer Eisendrossel mit Luftspalt und einer in Reihe geschalteten ohmschen Widerstand bestand, sind in Bild 5.

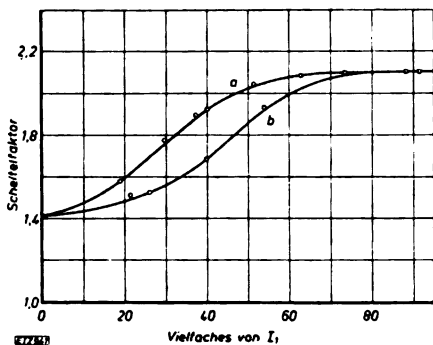
**Auswertung der Versuche und Schlußfolgerungen**

Die an Hand der ausgewerteten Oszillogramme gewonnenen Überstromkennlinien bei Belastung der Stromwandler mit einer der Nennleistung entsprechenden Bürde ohne Eisen sind im Bild 6 dargestellt. Die Effektivwerte des Sekundärstromes wurden nach den Kurven der Oszillogramme auf dem quadratischen Mittelwert errechnet. Die dabei sich ergebenden Scheitelfaktoren des Sekundärstromes sind an den Kurven in Bild 7 zu ersehen. Die Kennlinie des Effektivwertes des Sekundärstromes in Bild 6 zeigt, daß der Sekundärstrom bis zu dem durch die Überstromziffer angegebenen Vielfachen des Primärstromes von  $n = 18$  annähernd proportional mit dem Primärstrom ansteigt, um dann bei weiterem Erhöhen des Primärstromes stark zurückzubleiben. Der Sekundärstrom bleibt aber nicht bei einem Grenzwert stehen, sondern er steigt stetig weiter an, was damit zu erklären ist, daß selbst dann, wenn das Eisen des Wändlers restlos gesättigt ist, der Luftfluß wirksam bleibt. Die in diesen Überströmen und dieser Belastung an den Sekundärklemmen auftretende Klemmenspannung ist ebenfalls in Bild 6 eingetragen. Die sekundäre Klemmenspannung ist abhängig von dem Vielfachen des Primärstromes dargestellt, dabei ist der Scheitelwert der sekundären Klemmenspannung

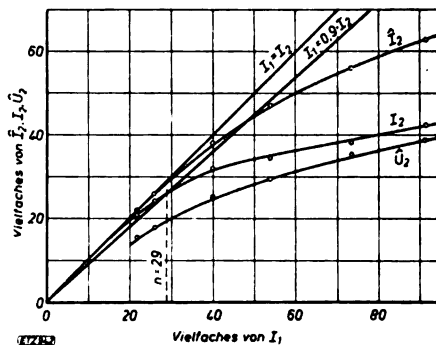
<sup>1</sup> Die Messungen wurden von Herrn Dipl.-Ing. W. Fritz in der AEG-Fabrik Stuttgart vorgenommen.



$Z = 1,2 \Omega, \cos \beta = 0,8, f = 50 \text{ Hz}$   
Bild 6. Überstromkennlinien bei einer Bürde ohne Eisen.



a Bürde ohne Eisen, b Bürde mit Eisen  
Bild 7. Scheitelfaktor von  $I_2$  im Überstromgebiet.



Bei 5 A:  $Z = 0,9 \Omega, \cos \beta = 0,7, f = 50 \text{ Hz}$   
Bild 8. Überstromkennlinien bei einer Bürde mit Eisen.

ks Vielfaches des Scheitelwertes der sekundären Klemmenspannung bei Nennstrom ausgedrückt. Die Kurve zeigt, daß die Proportionalität zwischen der sekundären Klemmenspannung und dem sekundären Strom nur bis zum Erreichen des entsprechenden Vielfachen der Überstromziffer besteht und daß darüber hinaus die sekundäre Klemmenspannung höhere Werte erreicht als das entsprechende Vielfache des Sekundärstromes ausmacht. Damit treten also Spannungen auf, die sich nicht mit einer Multiplikation des entsprechenden Vielfachen des Sekundärstromes mit dem Widerstand der Bürde errechnen lassen, sondern die auf Grund der Wirkung des verzerrten Sekundärstromes einen höheren Wert haben und sich nur aus der geometrischen Summe der einzelnen Spannungen bei den verschiedenen Oberwellenmitteln lassen. Die Spannungen der einzelnen Oberwellen geben sich dabei aus der Multiplikation des entsprechenden Oberwellenstromes mit dem Bürdenwiderstand, wobei zu berücksichtigen ist, daß der Blindwiderstand des induktiven Anteils der Bürde mit der Ordnungszahl der Frequenz wächst und somit also auch die einzelnen Spannungen wachsen.

Es ergeben sich also bei einer induktiven oder teilweise induktiven Bürde durch die Verzerrung des Sekundärstromes im Überstromgebiet erhebliche Erhöhungen der sekundären Klemmenspannung.

Bild 8 zeigt die Überstromkennlinie der gleichen Stromwandler bei Belastung mit einer kleineren Bürde als der Anlenkung der Wandler entspricht, außerdem enthält der magnetische Kreis der angeschlossenen Bürde Eisen (Bild 5). Der Verlauf der Überstromkennlinien macht sich die Verankerung der Bürde, die durch die Sättigung des Eisens im Anwachsen des Stromes bedingt ist, bemerkbar. Die Überstromziffer wird dadurch größer, als der angeschlossene Widerstand von  $0,9 \Omega$  bei Nennstrom entspricht, denn sie müßte entsprechend dem in Bild 6 bei  $1,2 \Omega$  ermittelten Wert von  $n = 18$ , bei  $0,9 \Omega$   $n = 24$  sein. Die Überstromkennlinie zeigt jedoch, daß hierbei  $n = 29$  wird. Der Sekundärstrom steigt außerdem nach dem Erreichen des Vielfachen der Überstromziffer weiter an als bei der Belastung der Wandler mit einer Bürde ohne Eisen. Die sekundäre Klemmenspannung ist in diesem Fall kleiner als bei der Belastung mit einer Bürde ohne Eisen und bleibt bis zum 100fachen Primärstrom unterhalb des entsprechenden gemessenen Vielfachen des Sekundärstromes. Die Überstromkennlinien in Bild 6 und 8 zeigen also, daß die eingangs erwähnte Annahme unrichtig ist, wonach die Sekundärströme der Wandler nach Erreichen des entsprechenden Vielfachen der Überstromziffer angegebenen Vielfachen des Primärstromes nur noch wenig größer werden und einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten. Diese Tatsache geht besonders eindeutig aus den Kurven im Bild 9 hervor, die das Ansteigen des Sekundärstromes im Überstromgebiet, nach Überschreiten des der Überstromziffer entsprechenden Vielfachen des Primärstromes darstellen.

Die Überstromkennlinien in Bild 6 und 8 lassen ferner erkennen, daß außerordentlich hohe sekundäre Klemmenspannungen im Überstromgebiet auftreten können, die ent-

gegen der eingangs erwähnten Erwartung, ein höheres Vielfaches erreichen können als die Sekundärströme. In Bild 10 sind die sekundären Klemmenspannungen nach Überschreiten des der Überstromziffer entsprechenden Vielfachen des Primärstromes als Vielfaches des Scheitelwertes der sekundären Klemmenspannung bei Nennstrom und Nennbürde dargestellt. Diese Kurven erlauben, so wie auch die Kurven des Sekundärstromes in Bild 9, für Stromwandler mit anderen als hier untersuchten Überstromziffern angenähert die im Überstromgebiet auftretenden Sekundärströme und sekundären Klemmenspannungen zu ermitteln. Dabei wird angenommen, daß auch bei Stromwandlern mit etwas anderen Überstromziffern der Verlauf der Überstromkennlinie nach Überschreiten des der Überstromziffer entsprechenden Vielfachen des Primärstromes der gleiche bleibt. Dabei gilt als Einschränkung die schon erwähnte Annahme, daß es sich um Wandler mit zumindest ähnlichen inneren Faktoren handelt, wie die der hier untersuchten. Die Anwendung der Kurven zeigt ein Beispiel, dessen Ergebnisse gleichzeitig erkennen lassen, welche Sekundärströme und sekundäre Klemmenspannungen bei verschiedenen in der Praxis üblichen Bürden im Überstromgebiet auftreten können.

**Beispiel:**

Ein Schutzkern habe eine Nennleistung von 60 VA und eine Überstromziffer  $10 < n < 20$ , die sekundäre Nennstromstärke ist 1 A, die Überstromziffer sei bei der Normalbürde von  $60 \Omega, \cos \beta = 0,8$  mit  $n = 17,5$  gemessen worden. Welche Sekundärströme und sekundäre Klemmenspannungen ergeben sich mit verschiedenen angeschlossenen Bürden bei 100fachen primären Nennstrom?

1. Bürde ohne Eisen:  $60 \Omega, \cos \beta = 0,8, n = 17,5$ . Nach den Kurven a im Bild 9 und 10 für  $(n + 82,5)$  fachen  $I_1$  ergibt sich:

$$I_2 = 1,6 \cdot (17,5 \cdot 0,9 \cdot 1) = 25,2 \text{ A}$$

$$\hat{I}_2 = 2,4 \cdot (17,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{2}) = 53,5 \text{ A}$$

$$\hat{U}_2 = 3,7 \cdot (17,5 \cdot 60 \cdot \sqrt{2}) = 5500 \text{ V}$$

2. Bürde mit Eisen:  $60 \Omega, \cos \beta = 0,8$ . Die Überstromziffer sei auf Grund der Eisensättigung und damit Bürdenverringern auf  $n = 25$  gestiegen.

Nach den Kurven b im Bild 9 und 10 für  $(n + 75)$  fachen  $I_1$  ergibt sich:

$$I_2 = 1,7 \cdot (25 \cdot 0,9 \cdot 1) = 38,2 \text{ A}$$

$$\hat{I}_2 = 2,6 \cdot (25 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{2}) = 82,7 \text{ A}$$

$$\hat{U}_2 = 1,4 \cdot (25 \cdot 60 \cdot \sqrt{2}) = 2970 \text{ V}$$

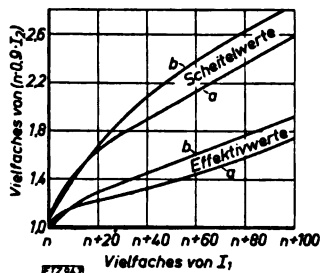
3. Bürde mit Eisen:  $45 \Omega, \cos \beta = 0,8$ . Die Nennleistung des Stromwandlers ist also nicht voll ausgenutzt. Die Überstromziffer steigt auf Grund der kleineren Bürde und deren zusätzlichen Verringerung durch die Eisensättigung auf  $n = 30$ .

Nach den Kurven b im Bild 9 und 10 für  $(n + 70)$  fachen  $I_1$  ergibt sich:

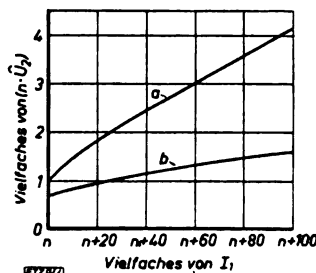
$$I_2 = 1,7 \cdot (30 \cdot 0,9 \cdot 1) = 45,9 \text{ A}$$

$$\hat{I}_2 = 2,5 \cdot (30 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{2}) = 95,5 \text{ A}$$

$$\hat{U}_2 = 1,4 \cdot (30 \cdot 45 \cdot \sqrt{2}) = 2670 \text{ V}$$



a Bürde ohne Eisen, b Bürde mit Eisen.  
Bild 9. Erhöhungsfaktor von  $I_2$  nach Überschreiten des  $n$ -fachen  $I_1$ .



a Bürde ohne Eisen, b Bürde mit Eisen.  
Bild 10. Erhöhungsfaktor von  $\hat{U}_2$  nach Überschreiten des  $n$ -fachen  $I_1$ .



Das Beispiel zeigt, daß trotz der für die Normalbürde geltenden Überstromziffer  $10 < n < 20$  der bei 100fachen Primärstrom auftretende Sekundärstrom im ungünstigsten Fall, bei einer Bürde mit Eisen, besonders hohe Werte annehmen kann, wobei dieser Strom dann noch keinen Grenzwert darstellt, sondern bei höherem Vielfachen des Primärstromes noch höhere Werte auftreten werden. Die angeschlossenen Geräte müssen für die thermische und elektromagnetische Wirkung dieser höchsten auftretenden Sekundärströme bemessen werden.

Die sekundäre Klemmenspannung wird, wie das Beispiel zeigt, beim 100fachen Primärstrom, bei einer Bürde ohne Eisen, Werte erreichen, die weit über dem Scheitelwert der Prüfspannung von  $2000 \cdot \sqrt{2} \text{ V}$  liegen, mit der die Sekundärwicklungen der Stromwandler geprüft werden. Aber auch die angeschlossenen Geräte und die Anschlußleitungen werden für diese auftretenden Spannungen nicht isoliert sein. Es zeigt sich also, daß ein sekundärer Nennstrom von 1 A bei einer vollausgelasteten Nennleistung von 60 VA zu vermeiden ist. (Nennleistungen von 90 VA und mehr, wie sie bisher bei Schutzkernen ab Reihe 60 mit einer Sekundärstromstärke von 1 A verlangt wurden, sollen nach den neuen Normenentwürfen und Vorschriftenentwürfen nicht mehr ausgeführt werden.) In solchen Fällen ist unbedingt 2 A als sekundärer Nennstrom zu wählen, da hierbei die auftretende sekundäre Klemmenspannung nur noch halb so groß ist als bei 1 A. Außerdem dürfte es empfehlenswert sein, die Prüfspannung der Sekundärwicklung der Wandler ab Reihe 60 zu erhöhen und dementsprechend auch die Isolation der Geräte und Anschlußleitungen zu bemessen. Eine effektive Prüfspannung von 4000 V wäre zumindest für die Sekundärwicklung der Schutzkerne mit 1 A oder 2 A Nennstrom, sowie für die daran angeschlossenen Geräte und für die Anschlußleitungen angebracht.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß genaue Messungen im Überstromgebiet, auf Grund der Schwierigkeit derartiger Untersuchungen bisher nur selten durchgeführt wurden. Für den einwandfreien Betrieb der Meß- und Schutz-

einrichtungen der Anlagen wäre es aber erwünscht, daß in Zukunft diesem Arbeitsgebiet der Stromwandler besondere Aufmerksamkeit gewidmet würde. Dabei wäre möglichst die Hand weiterer Untersuchungsergebnisse zu erwägen, die die Charakterisierung der Überstromkennlinie, die bisher durch die Überstromziffer nur teilweise gelang, zu verbessern und außerdem die Prüfspannung der Sekundärwicklung und der angeschlossenen Geräte, einschließlich der Anschlußleitungen allgemein neu festzulegen.

### Zusammenfassung

Oszillographisch aufgenommene Überstromkennlinien der Schutzkerne von Stromwandlern werden mitgeteilt. Die Überstromkennlinien zeigen, daß der Sekundärstrom im Überstromgebiet auch nach dem Überschreiten des Vielfachen der Überstromziffer weiter ansteigt, ohne dabei einen Grenzwert einzuhalten. Der Sekundärstrom steigt im Verhältnis zu den erforderlichen Vielfachen des Primärstromes geringfügig weiter an, jedoch empfiehlt es sich, hierauf bei der Auswahl und der Bemessung der angeschlossenen Geräte Rücksicht zu nehmen. Außerdem zeigen die Messungen, daß die im Überstromgebiet auftretenden sekundären Klemmenspannungen der Schutzkerne außerordentlich hohe Werte annehmen können, sodaß die vorgeschriebene Prüfspannung der Sekundärwicklung, der Geräte und deren Anschlußleitungen damit weit überschritten wird. Deshalb wird vorgeschlagen, besonders ungünstige Fälle, wie 1 A Sekundärstrom bei vollausgelasteter Nennbürde des Stromwandlers zu vermeiden und allgemein die Prüfspannung für die Sekundärwicklung der Schutzkerne der Wandler ab Reihe 60 sowie für die zugehörigen Geräte und Anschlußleitungen heraufzusetzen.

### Schrifttum

- [1] W. Fleischhauer: Wiss. Veröff. Siemens-Werk X, 1 (1933) S. 1. Arch. techn. Messen Z. 221—1.
- [2] H. Schunck: Elektrotechn. u. Masch.-Bau 51 (1933) S. 241.
- [3] W. Thal: Diss. T. H. Berlin, 1934.
- [4] H. Ritz: Arch. techn. Messen (1940) Z 221—3, Z 221—4, Z 221—5.
- [5] O. E. Nölke: Elektrotechn. Bln. 4 (1950) S. 125.

## Elektrische Maschinen, Transformatoren und Stromrichter

### Ergänzungen zum 3. Teil der Jahresübersicht\*

DK 621.313.3

Verschiedene Zuschriften zur Einführung der Zweifach-Schleifenwicklung bei Gleichstrommaschinen in die Praxis veranlassen mich zu einigen ergänzenden Bemerkungen. Die Grenzleistung der Gleichstrommaschine ist durch die Grenzwerte des Strombelages (500 A/cm), der Ankerumfangsgeschwindigkeit (60 m/s) und der mittleren Segmentspannung (20 V) gegeben. Nimmt man die eingeklammerten Zahlenwerte als Grenzwerte an, so erhält man für die Einfach-Schleifenwicklung  $N \cdot n = 1,8 \cdot 10^6 \text{ kW U/min}$ .

Bei der Zweifach-Schleifenwicklung ist ja die mittlere Windungsspannung gleich der zweifachen mittleren Segmentspannung und so gilt für diese  $N \cdot n = 3,6 \cdot 10^6 \text{ kW U/min}$ .

Bereits vor dem Kriege sind von den Firmen BBC und SSW, wohl auch von anderen, beginnend mit dem Jahre 1936, Gleichstrommaschinen mit Zweifach-Schleifenwicklung gebaut worden. Zu einem großen Teil hat nicht die Überschreitung der Grenzleistung, sondern die Größe des Leiterstromes bei diesen Gleichstrommaschinen zur Zweifach-Schleifenwicklung geführt.

\* ETZ 72 (1951) H. 11, S. 364.

Einen besonderen Antrieb erhielt aber die praktische Verwendung der Zweifach-Schleifenwicklung durch den Bau einer schnellaufenden Gleichstrommaschine für 1200 kW mit 1675 U/min. Diese wurde m. W. auf Anregung von Treiber mit Zweifach-Schleifenwicklung ausgeführt und in großer Stückzahl von den Firmen AEG, BBC und SSW gebaut.

Der Vollständigkeit halber soll nicht unerwähnt bleiben, daß für Drehstrom- und Wechselstrom-Kommutatormaschinen deren Leistung ja durch die Transformatorspannung begrenzt wird, Zweifach-Schleifenwicklungen schon viel früher eingeführt wurden. So führten nach Angaben von Herrn B. Kade die Bergmann-Elektrizitätswerke solche Maschinen bereits 1913 aus, während die SSW für Drehstrom-Kommutatormaschinen die zweifach geschlossene Zweifach-Schleifenwicklung seit 1915 ausführten. Diese wurden mit dem von Prof. Punga angegebenen, zwischen Welle und Rotorblechpaket hindurchführenden Punga-Leiter ausgeführt.

F. 5116

## Auswirkungen des Kurzschlusses einer Spulengruppe von Transformatorenwicklungen in Reihenparallelschaltung

Von H. Rösch, Bad Honnef/Rh.

DK 621.314.21.014.3

**Übersicht.** Es wird über die Vorgänge berichtet, die sich in einem Transformator mit Reihenparallelschaltung von Spulengruppen in einer seiner Wicklungen abspielen, wenn eine dieser Gruppen durch innere oder äußere Einwirkungen kurzgeschlossen wird.

### Einleitung, Aufgabenstellung

Von den Energieversorgungs-Unternehmungen wird vielfach die Forderung gestellt, die Wicklungen der ihnen zur Verfügung stehenden Transformatoren an die verschiedenen Spannungen der Generatoren bzw. der Netze weitgehend anzupassen. Diese Forderung hat zweifellos ihre Berechtigung in der betrieblichen Wirtschaftlichkeit der Anlagen insofern, als sie eine sehr verschiedenartige Einsatzmöglichkeit der Transformatoren erlaubt. Andererseits bleibt dadurch die Reservehaltung für den möglichen Ausfall einer Einheit infolge Betriebschäden auf ein Mindestmaß beschränkt. Die Erfüllung dieser Forderung führt aber zwangsläufig zu einer räumlichen Anordnung oder Unterteilung der betreffenden Wicklung. Diese kann Anlaß zu schwerwiegenden Schäden ganz besonders dann geben, wenn die Umschaltung an Klemmen der Deckel vorgesehen wird. Dabei ist vor allen Dingen an den Kurzschluß einer Spulengruppe der Wicklung für den Fall gedacht, daß diese mit ihren Spulengruppen in Reihenparallelschaltung betrieben wird. Die Auswirkung dieses Spulengruppen-Kurzschlusses bleibt nicht nur auf die betreffende Gruppe beschränkt. Die anderen, vom Kurzschluß nicht unmittelbar betroffenen Spulengruppen werden ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen, doch sind sie Sitz ganz andersartiger Vorgänge. Um nun diese Vorgänge und ihre Gleiterscheinungen in ihrer physikalischen Natur kennen zu lernen und rechnerisch zu erfassen, wird den folgenden Betrachtungen ein Transformator mit einer vierfachen Unterteilung (Bild 1) der Unterspannungswicklung zu Grunde gelegt. Je zwei Spulengruppen seien reihenparallel geschaltet.

Die allgemein gehaltenen Ausführungen lassen sich auch auf andere Fälle mit vielfacher Unterteilung sinngemäß übertragen. Der Vollständigkeit der Untersuchung wegen müßte man eigentlich verschiedene Möglichkeiten in Betracht ziehen, nachdem der Spulengruppen-Kurzschluß ein-, zwei- oder dreipolig erfolgt und je nachdem der Transformator eine in Dreieck geschaltete Wicklung aufweist oder nicht. Hier wird die Stern-Sternschaltung der Wicklungen und ein dreipoliger Spulengruppen-Kurzschluß vorausgesetzt. Weitere Ergebnisse bezüglich der anderen genannten Möglichkeiten sollen in einer späteren Arbeit mitgeteilt werden.

### Dreipoliger Spulengruppenkurzschluß in einem Transformator in Stern-Sternschaltung mit Reihenparallelschaltung der Wicklungsteile

Bei diesen Voraussetzungen kann man sämtliche Betrachtungen auf eine einphasige Transformatorschaltung nach Bild 1 beziehen. Dabei bedeutet I bzw. II die Ober- bzw. Unterspannungswicklung mit vierfacher Unterteilung und Reihenparallelschaltung der Spulengruppen. Es sei  $w_1$  die Windungszahl der Oberspannungswicklung,  $w_2$  die Windungszahl eines Wicklungsteiles der Unterspannungswicklung. Mit  $U_1$  bzw.  $U_2$  sollen die diesen Windungszahlen entsprechenden Nennspannungen bezeichnet werden.

Um ein übersichtliches Bild der sich abspielenden Vorgänge zu gewinnen, betrachte man den Leerlaufzustand des Transformators. Dadurch wird die Gültigkeit der anzustellenden Überlegungen nicht eingeschränkt, da eine Verbrauchsbelastung das Grundsätzliche der zu schildernden Erscheinung in keiner Weise beeinträchtigt: sie überlagert sich durch den Kurzschluß hervorgerufenen Strömen linear. Kurzschluß der Spulengruppe 1 kann man für das Wicklungsgebilde des Transformators aus Bild 1 das vollkommen äquivalente Ersatzbild 2 ableiten. Daraus erkennt man, daß

unterspannungsseitig zwei galvanisch getrennte Kreise entstehen: der Kreis der kurzgeschlossenen Spulengruppe 1 und der Kreis der Spulengruppe 2, 3, 4. Beide Kreise sind stromdurchflossen. Aber entgegen einer vielfach verbreiteten irr tümlichen Annahme ist der Strom  $I_2$  in dem zweiten Kreis nicht etwa darauf zurückzuführen, daß die Durchflutung der Oberspannungswicklung die Beistellung einer Durchflutungskomponente von den Spulengruppen 2, 3, 4 fordert, um das magnetische Gleichgewicht zu erzwingen. Denn: 1. ist der Kreis der Spulengruppen 2, 3, 4 offen, 2. liegt kein physikalischer Grund vor, warum dieses magnetische Gleichgewicht unter allen Umständen erzwungen werden sollte, 3. kann ein Transformator stromdurchflossen sein, ohne daß seine Wicklungen im magnetischen Gleichgewicht stehen.

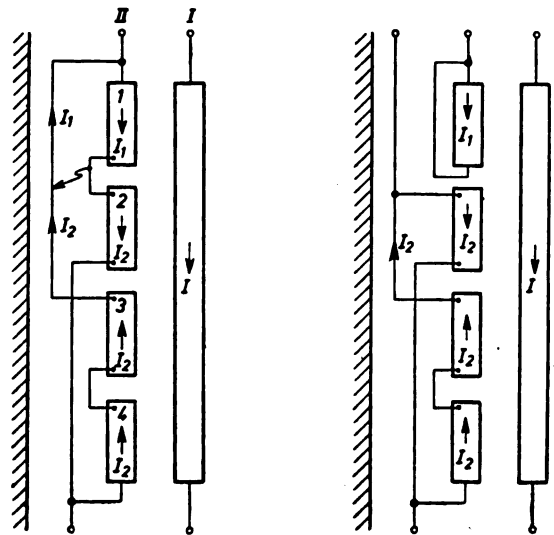


Bild 1. Schematische Skizze eines Transformators in Reihenparallelschaltung der Wicklung II und Teilkurzschluß der Spulengruppe I. Bild 2. Ersatzskizze für Bild 1.

Das magnetische Gleichgewicht der Durchflutungen sämtlicher Wicklungen stellt sich nämlich zwangsweise ein, wenn die Voraussetzungen hierfür gegeben sind, d. h. im Falle eines drei- oder zweipoligen Spulengruppen-Kurzschlusses bei allen Transformatorschaltungen. Andererseits kann das magnetische Gleichgewicht der Durchflutungen auch von der kurzgeschlossenen Spulengruppe 1 allein ohne Mithilfe der übrigen Spulengruppen hergestellt werden. Denn der Umstand, daß die Spulengruppe 1 und die Wicklung I räumlich gegeneinander verschoben sind, ist kein Hindernis zur Herbeiführung dieses Zustandes. Liegt aber ein einpoliger Spulengruppen-Kurzschluß vor, dann sind die Spulengruppen 2, 3, 4 auch stromdurchflossen; das magnetische Gleichgewicht der Durchflutungen aller Wicklungen kann bekanntlich nicht vorhanden sein, es sei denn, der Transformator besitzt eine in Dreieck geschaltete Wicklung.

Die Stromführung der Spulengruppen 2, 3, 4 ist also nicht auf eine Durchflutungsvorschrift zurückzuführen, sondern sie liegt in einer ganz andersartigen physikalischen Ursache begründet. Durch den Kurzschluß der Spulengruppe 1 wird nämlich die Spulengruppe 2 mit der Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4 (Bild 2) parallelgeschaltet. Es werden also zwangsläufig die Spulengruppen 3 und 4 mit der Nennspannung im Leerlauf  $U_2$  mit der Spulengruppe 2, die eine Leerlaufnennspannung  $U_2$  hat, parallel geschaltet. Die Erregerwicklung I ist aber beiden Spulengruppen (2 und 3+4) gemeinsam. Es liegt also derselbe Vorgang zweier parallel

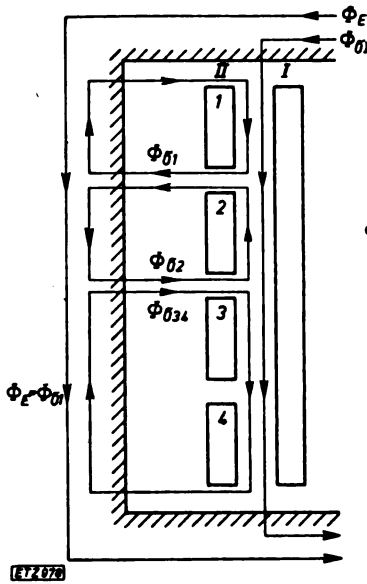


Bild 3. Verlauf der Eisen- bzw. Streufelder für den Kurzschlußfall nach Bild 1.

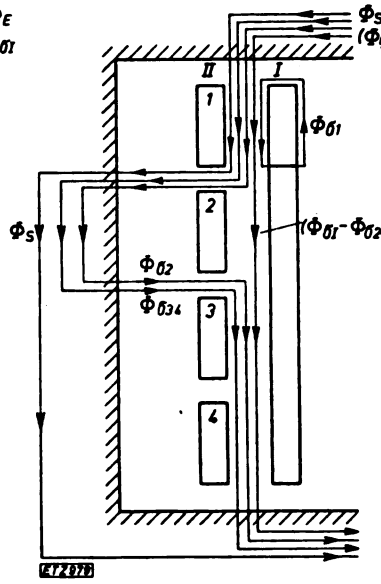


Bild 4. Resultierende Felder für den Kurzschlußfall nach Bild 1.

geschalteter Transformatoren vor, deren Übersetzungen im Verhältnis 1/2 zueinander stehen; der Ausgleich  $2U_2 - U_1$  der Spannungen zwischen diesen Transformatoren, wie er von der Parallelschaltung vorgeschrieben wird, wird von einem Ausgleichsstrom  $I_2$  herbeigeführt, der lediglich innerhalb des geschlossenen inneren Kreises dieser Parallelschaltung fließt. Man sieht also, daß der Strom  $I_2$  den ausschließlichen Charakter eines Ausgleichsstromes hat. Seine Durchflutung kann sich in dem einen oder anderen Falle an der Herstellung des magnetischen Gleichgewichts sämtlicher Windungen, wie bei der vorliegenden Annahme eines dreipoligen Kurzschlusses der Spulengruppe 1, beteiligen, braucht aber allgemein nicht zu sein. Dieser Ausgleichsstrom  $I_2$  kann dennoch kurzschlußartige Werte erreichen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß durch den Kurzschluß einer Spulengruppe in Transformatoren mit Windungen in Reihenparallelschaltung verschiedenartige Vorgänge ausgelöst werden: 1. ein ausgesprochener Kurzschlußvorgang in der kurzgeschlossenen Spulengruppe, 2. ein Ausgleichsvorgang zwischen den übrigen Spulengruppen zur Beseitigung der Spannungsunterschiede, die im Leerlauf und bei galvanisch getrenntem Zustand dieser durch den Kurzschluß parallelgeschalteten Gruppen vorhanden wären.

**Rechnerische Bestimmung der Ströme**

Es bedeutet:

- $I$  Strom in der Oberspannungswicklung.
- $I_1$  bzw.  $I_2$  Strom in der kurzgeschlossenen Spulengruppe 1 bzw. in den Spulengruppen 2, 3, 4 der Unterspannungswicklung.
- $\mathcal{E}_1$  bzw.  $\mathcal{E}_2$  die vom Kernfeld in der Erregerwicklung bzw. in jeder Spulengruppe der Unterspannungswicklung induzierte Spannung.
- $U_p$  die gemeinsame Spannung, die sich zwischen Anfang und Ende der Spulengruppe 2 bzw. zwischen Anfang und Ende der Reihenschaltung der Spulengruppe 3 und 4 einstellt.
- $\mathcal{Z}$  bzw.  $\mathcal{Z}_1$  bzw.  $\mathcal{Z}_2$  bzw.  $\mathcal{Z}_{34}$  den Kurzschluß-Scheinwiderstand der Erregerwicklung bzw. der Spulengruppe 1 bzw. 2 bzw. der Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4 bei dem betrachteten Belastungszustand des Transformators.

Es gilt nun:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= -\mathcal{Z} I + \mathcal{E}_1; 0 = -\mathcal{Z}_1 I_1 + \mathcal{E}_2 \\ U_p &= -\mathcal{Z}_2 I_2 + \mathcal{E}_2; U_p = \mathcal{Z}_{34} I_2 + 2\mathcal{E}_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

als Spannungsgleichung für die Erregerwicklung, für die kurzgeschlossene Spulengruppe 1, für die Spulengruppe 2 und für die Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4. Andererseits ist auch:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 w_1/w_2 \quad (2)$$

Aus der Gleichsetzung der beiden letzten Gl. (1) folgt:

$$\mathcal{E}_2 = -(\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) I_2 \quad (3)$$

mit der zweiten Gl. (1):  $I_2 = I_1/(\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) I_1$  (4)

Man erkennt daraus, daß die Verteilung der Ströme  $I_1$  und  $I_2$  auf die kurzgeschlossene Spulengruppe 1 und auf die übrigen Spulengruppen 2, 3, 4 eine reine innere Angelegenheit dieser Spulengruppen, d. h. deren magnetischer Beschaffenheiten bei dem betrachteten Arbeitszustand des Transformators ist, auf die die Durchflutungen der Windungen bzw. Wicklungsteile gar keinen Einfluß hat. Die beiden Ströme  $I_1$  und  $I_2$  bedingen sich also gegenseitig nur auf Grund der jeweils vorliegenden Werte von  $\mathcal{Z}_1$ ,  $\mathcal{Z}_2$ ,  $\mathcal{Z}_{34}$ , die Stromverteilung ist also konstruktionsabhängig. Lediglich die Summe  $I_1 + I_2$  kann in Zusammenhang mit einer Durchflutungsbedingung des magnetischen Gleichgewichtes auf einer Säule gebracht werden, aber auch nur dann, wenn die Art des Spulengruppen-Kurzschlusses und die Schaltung der Wicklung die Voraussetzungen dafür schaffen. Gewiß bestimmt die Erregerwicklung die Stromverteilung mit, aber nur insofern, als die Kurzschluß-Scheinwiderstände  $\mathcal{Z}_1$ ,  $\mathcal{Z}_2$  und  $\mathcal{Z}_{34}$  von der räumlichen Lage sämtlicher stromdurchflossener Windungen abhängen.

Das Durchflutungsgesetz liefert ferner bei Vernachlässigung des immer kleinen Anteils der gesamten magnetischen Spannung für die Eisenwege:

$$\begin{aligned} w_1 I + w_2 (I_1 + I_2 - 2I_2) &= \\ w_1 I + w_2 (I_1 - I_2) &= 0 \end{aligned}$$

d. h. mit (4):

$$I_1 = -w_1/w_2 \cdot (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) / (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) \cdot I$$

und  $I_2 = -w_1/w_2 \cdot \mathcal{Z}_1 / (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) \cdot I$

Bei bekannten Scheinwiderständen  $\mathcal{Z}_1$ ,  $\mathcal{Z}_2$ ,  $\mathcal{Z}_{34}$  handelt es sich nur noch darum, den Strom  $I$  in der Erregerwicklung zu bestimmen. Zu diesem Zweck erhält man aus (2) und mit (7):

$$\mathcal{E}_1 = -w_1/w_2 (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) \cdot I_2 = - (w_1/w_2)^2 \cdot \mathcal{Z}_1 \cdot (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) / (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) \cdot I$$

und durch Einsetzen in Gl. (7):

$$U_1 = -[\mathcal{Z} + (w_1/w_2)^2 \cdot \mathcal{Z}_1 (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) / (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34})] \cdot I$$

also:

$$I = -U_1 / [\mathcal{Z} + (w_1/w_2)^2 \cdot \mathcal{Z}_1 (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) / (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34})]$$

Aus (6), (7) und (10) kann man nun sämtliche Ströme ermitteln.

Es interessiert noch der Wert, der sich zwischen Anfang und Ende der Spulengruppe 2 und zwischen Anfang und Ende der Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4 einstellenden gemeinsamen Spannung  $U_p$ . Aus der dritten Gl. (1) folgt mit (3), (7) und (10):

$$U_p = \frac{\mathcal{Z}_1}{\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}} \cdot \frac{2\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}}{\left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2 \mathcal{Z} + \frac{\mathcal{Z}_1 (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34})}{\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}}} \cdot \frac{w_2}{w_1} I$$

Nun stellt  $w_2/w_1 U_1 = U_2$

die Leerlaufnennspannung einer Spulengruppe der Unterspannungswicklung dar, also:

$$U_p = \frac{\mathcal{Z}_1 (2\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34})}{\mathcal{Z}_1 (\mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34}) + (w_2/w_1)^2 \mathcal{Z} (\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2 + \mathcal{Z}_{34})} U_2$$

**Praktische Auswirkungen und Schlußfolgerungen**

Nach diesen allgemeinen Ausführungen theoretischer Natur erhebt sich nun die Frage nach der praktischen Bestimmung der Größen, die eine zahlenmäßige Beurteilung der Auswirkungen des behandelten Kurzschlußfalles ermöglichen. Dieses sind in der ersten Linie die drei Ströme  $I$ ,  $I_1$  und  $I_2$ . Wenn auch ihre Bestimmungsgleichungen (6), (7) und (8) sehr einfach erscheinen, so ist deren praktische Anwendung unmöglich. Die als bekannt vorausgesetzten Scheinwiderstände der Windungen bzw. Wicklungsteile sind nämlich einer Rechnung mit zuverlässigen Ergebnissen nicht zugänglich. Für die untersuchte Schaltung der Spulengruppen...

und für den betrachteten Kurzschlußfall ist es physikalisch nicht möglich, den Anteil der Streuung festzulegen, der einem jeden Wicklungsteil zuzuschreiben ist. Dieser Anteil ist aber für die Bestimmung von  $\mathfrak{Z}$ ,  $\mathfrak{Z}_1$ ,  $\mathfrak{Z}_2$  und  $\mathfrak{Z}_{34}$  allein maßgebend.

Die Schwierigkeit, die Streuung der einzelnen Wicklungen anteilig festzulegen, erkennt man am besten an Hand von Bild 3 und 4, die den grundsätzlichen und schematischen Verlauf der Teilfelder veranschaulichen. Dieser ist durch die Spannungsbedingungen vorgeschrieben, denen diese Wicklungsteile unterworfen sind. Dabei ist der Einfluß der ohmschen Widerstände als für diese Vorgänge allgemein belanglos unberücksichtigt geblieben.

Der Zusammenbruch der Spannung an der kurzgeschlossenen Spulengruppe 1 läßt gar keine Feldverketzung mit dieser zu; der Raum innerhalb der Spulengruppe 1 muß also bei dieser räumlichen schematischen Darstellung völlig frei sein (Bild 4 oben). Der Ausgleich zwischen der Nennleerlaufspannung  $U_2$  der Spulengruppe 2 und der Nennleerlaufspannung  $2U_2$  der Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4, der von der oben geschilderten Parallelschaltung erzwingen wird, schreibt andererseits die Erfüllung der Gleichung:

$$|U_2| < |U_p| < |2U_2|$$

or. Die gesamte Feldverketzung, also des Kernfeldes und der Streufelder muß für die Spulengruppe 2 größer, für die Reihenschaltung der Spulengruppen 3 und 4 dagegen kleiner sein als im Leerlauf.

Auf Grund dieser Tatsachen stellt sich im Transformator ein resultierender Feldverlauf nach Bild 4 ein. Beachtet man dabei noch die Fließrichtung der einzelnen Ströme, so entspricht Bild 4 die streuungsmäßige Arbeitsweise des Wicklungsgebildes als Ganzes und in seinen Teilen. Die Spulengruppen 2 bis 4 arbeiten nämlich unter sich wie eine unmetrische Scheibenwicklungsanordnung mit einer übermäßigen Durchflutungskomponente, die in magnetischem Gleichgewicht mit der Durchflutung der Oberspannungswicklung I und des Wicklungsteiles 1 ist. In Bezug auf diese Durchflutungskomponente arbeitet die Wicklung I und die gesamte Wicklung II wie ein Transformator in einfach kontrastischer Wicklungsanordnung. Hinsichtlich der Streuung gehen also gleichzeitig zwei vollkommen verschiedene Wicklungsanordnungen vor.

Hieraus ist nun die Unmöglichkeit zu erkennen, die Feldlinien — physikalisch und nicht im üblichen geometrischen Sinne — und die Feldstärken, die einem jeden Wick-

lungsteil zuzuordnen sind, mathematisch zu erfassen. Denn der Feldverlauf nach Bild 4 läßt lediglich eine qualitative Deutung der Vorgänge bzw. eine qualitative Erfassung von Spannungsbedingungen und von damit verknüpften Feldverketzungen zu. Er läßt aber nicht erkennen, welchen Beitrag — energetisch betrachtet — ein jeder Wicklungsteil zu der Streufeldstärke bzw. zum Verlauf aller anderen entsprechend den Werten  $\mathfrak{Z}$ ,  $\mathfrak{Z}_1$ ,  $\mathfrak{Z}_2$ ,  $\mathfrak{Z}_{34}$  liefert.

Man kann ja nun einwenden, was für eine Bedeutung die abgeleiteten Formeln dann haben sollen. Dazu ist zu sagen: Die vorangegangenen Ausführungen haben vor allen Dingen zeigen wollen, daß es schon bei dem einfachsten dreipoligen Spulengruppen-Kurzschluß unmöglich ist, die auftretenden Vorgänge zahlenmäßig in zuverlässiger Weise zu erfassen. Die abgeleiteten Formeln haben nur für solche Fälle eine praktische Brauchbarkeit, in denen aus Messungen am fertigen Transformator die Werte der hier in Frage kommenden Scheinwiderstände  $\mathfrak{Z}$ ,  $\mathfrak{Z}_1$ ,  $\mathfrak{Z}_2$ ,  $\mathfrak{Z}_{34}$  bekannt sind. Sie ermöglichen aber auch eine relative Abschätzung der Ströme für Grenzfälle. Kann man nämlich beispielsweise annehmen, daß  $\mathfrak{Z}_1 = \mathfrak{Z}_2 \cong \frac{1}{2} \cdot \mathfrak{Z}_{34}$  ist, dann wird aus (4):  $\mathfrak{Z} = \frac{1}{3} \cdot \mathfrak{Z}_1$ .

Von noch größerem praktischen Interesse ist außerdem der schematische Feldverlauf in Bild 4. Es treten starke Felder quer zur Wicklungsachse auf. Hieraus ergibt sich, daß man in diesem Kurzschlußfall, abgesehen von hohen zusätzlichen Verlusten in Wicklungsmaterialien und Preßteilen und damit verbundenen örtlichen Erhitzungen, mit ganz bedeutenden, mechanischen Beanspruchungen der Wicklungen in axialer Richtung zu rechnen hat. Daraus ist der für die Praxis wichtige Schluß zu ziehen, daß bei Transformatoren mit einer solchen Spulenteilung besondere Vorkehrungen zur Vermeidung dieser Spulenzurückschläge zu treffen und daß vor allen Dingen kräftige, Abstützungen der Wicklungen in axialer Richtung, also gegen die Joche, empfehlenswert sind.

#### Zusammenfassung

Es wurde der physikalische Vorgang erläutert, der sich abspielt, wenn bei Transformatorenwicklungen in Reihenschaltung ein Wicklungsteil der Parallelschaltung durch irgendeine Einwirkung kurzgeschlossen wird. Die dabei auftretenden kurzschlußartigen Ströme sind auf die Tatsache zurückzuführen, daß durch den Teilkurzschluß einer Spulengruppe ein Zustand wie bei parallel geschalteten Transformatoren mit stark abweichenden Übersetzungsverhältnissen herbeigeführt wird.

## Ein 30/40 MVA-Spartransformator

DK 621.514.223

Im Kraftwerk der Empire's Riverton, Kans., wurde ein Spartransformator 30/40 MVA aufgestellt<sup>1</sup>. Er soll die Leistung neuer 30 MW-Turbogenerators auf die Oberspannungsmittelschienen übertragen. Er arbeitet im Block und erhält die erhöhte Leistung selbsttätig durch Temperaturfühler gesteuerte Zusatzkühlung. Der Transformator besitzt eine 132 kV-Wicklung in Dreieck für die volle Nennleistung. Für besondere Durchführungen ist ein Hilfstransformator für alle Nebeneinrichtungen des Maschinenblocks angeordnet.

Die Sparwicklung, welche seine Besonderheit darstellt,

übersetzt von 69 kV auf 132 oder 161 kV, da beide Spannungen im Werk vorkommen. Die 132 kV- bzw. 161 kV-Anzapfungen werden durch einen Umschalter im Inneren des Transformators (elektrisch oder von Hand betätigt) an die Oberspannungs-Durchführungen geschaltet. Die 132 kV-Stufe kann durch einen 17stufigen Umschalter um  $\pm 10\%$  geregelt werden. Bis 125 kV herunter wird die volle Leistung erreicht. Auf der Oberspannungsseite befinden sich umschaltbare Stromwandler. Ein weiterer Stromwandlersatz für Strommesser zur genauen Messung der Belastung ist in den Nullpunkt der Sparwicklung eingebaut. Spannungsrelais schützen Transformator und Sammelschienen gegen unzulässige Spannungserhöhungen infolge innerer Fehler.

GOF

<sup>1</sup>Nach Electr. Engng. 69 (1950) S. 133; 1 S.

# Eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung

Von H. Kleinwächter, Stelle ü. Hannover

DK 621.385.1

**Übersicht.** Der Verfasser, der sich seit 1934 mit dem Problem des Energieaustausches zwischen bewegten elektrischen Ladungen und Wanderfeldern beschäftigt, und der bereits 1944 in der Forschungsanstalt der deutschen Reichspost in Berlin den Bau einer Wanderfeldröhre vorschlug [1], die im Prinzip der inzwischen von R. Kompfner [2] in England realisierten gleicht, gibt hier eine neue Möglichkeit an, eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung zu bauen.

## Aufgabenstellung

Die von Kompfner gebaute Wanderfeldröhre ist ein Verstärker für cm-Wellen. Sie enthält einen zylindrischen Hohlleiter von einigen Dezimetern Länge, dessen Wand durch einen wendelförmigen Spalt unterbrochen ist. Man kann zeigen, daß sich in einem derartigen Hohlleiter eine elektromagnetische Welle ausbreiten kann, die wie die  $E_{01}$ -Welle des nicht unterbrochenen Hohlleiters eine elektrische Feldkomponente in Achsrichtung besitzt, deren Phasengeschwindigkeit jedoch ungefähr im Verhältnis von Ganghöhe zu Umfang der Schraubenlinie verkleinert ist. Durch diesen Hohlleiter läßt man nun die zu verstärkende hyperfrequente Signalwelle laufen. Außerdem schießt man längs der Hohlleiterachse in Richtung der Wellenfortschreitung einen Elektronenstrahl mit einer Geschwindigkeit ungefähr gleich derjenigen der Welle. Dann wirken die schwachen elektrischen Longitudinalfelder des Signals während der gesamten Laufzeit durch den langen Hohlleiter auf dieselben Elektronen ein und entziehen aus diesen durch Abbremsung Energie, die somit die Signalwelle verstärkt. Da man aus praktischen Gründen nur Beschleunigungsspannungen von wenigen Kilovolt zuläßt, beträgt die Elektronengeschwindigkeit nur etwa  $1/10$  Lichtgeschwindigkeit. Man muß also die zu verstärkende Signalwelle mittels der Wendel- oder anderen Hohlleiterarten sehr stark verzögern, was nicht ohne erhebliche Energieverluste möglich ist, die ihrerseits den Gesamtverstärkungsfaktor der Röhre herabsetzen. Daher soll hier grundsätzlich eine Möglichkeit einer Hyperfrequenzverstärkung beschrieben werden, bei der man ohne Verzögerungsleitung auskommt, indem man den Elektronenstrahl ein geeignetes räumlich periodisches elektrostatisches Feld durchlaufen läßt.

## Häufig benutzte Bezeichnungen

- $A$  Schwingungsamplitude der Elektronen
- $T = \frac{c}{\lambda}$  Schwingungsdauer
- $\lambda = 7.4 \cdot 10^{-12}$  [cm] eine charakteristische Wellenlänge
- $\lambda_w$  Wellenlänge für  $E_{01}$
- $\lambda_{gr}$  Grenzwellenlänge für  $E_{01}$
- $R$  Halbmesser des Hohlleiters
- $J_n(x)$  Bessel'sche Funktion  $n$ -ter Ordnung
- $I$  Gleichstromanteil des Elektronenstrahles
- $i(z, t) = I + i_{\sim}$  Gesamtstrom des Elektronenstrahles
- $\bar{v}$  Gleichgeschwindigkeitsanteil der Elektronen
- $v_0 = \frac{2\pi \bar{v}^2 A}{a}$  Geschwindigkeitsamplitude der Elektronen
- $v_w$  Phasengeschwindigkeit der „schnellen“ Stromwelle
- $v_e$  Geschwindigkeit eines Elektrons
- $v_w$  Phasengeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle
- $f_e = \frac{\bar{v}}{a}$  Frequenz der Elektronenschwingung
- $f_w$  Frequenz der elektromagnetischen Welle
- $a/2$  Breite der Ringe, die den Hohlleiter bilden
- $\Delta U$  Potentialunterschied zwischen den Ringen gerader und ungerader Ordnungszahl
- $\bar{u} = \frac{v_e}{v_w} \ll 1$  Überholungsfaktor

## Eine charakteristische Frequenz des pendelnden Elektrons

Einem Elektron, das auf einer geraden Bahn eine harmonische Schwingung um eine feste Ruhelage ausführt, wird infolge elektromagnetischer Strahlung Energie entzogen, die

bekanntlich in jedem Augenblick dem Quadrat der Elektronenbeschleunigung  $dv/dt$  proportional ist [3]:

$$N = \frac{1}{6\pi} \frac{\mu_0}{c} e^2 \left( \frac{dv}{dt} \right)^2$$

Für eine harmonische Schwingung der Kreisfrequenz  $\omega$  und Amplitude  $A$  ergibt sich danach eine maximale Strahlungsleistung:

$$N_{max} = \frac{1}{6\pi} \frac{\mu_0}{c} e^2 \omega^4 A^2$$

Für den zeitlichen Mittelwert  $\bar{N} = \frac{N_{max}}{2}$  ergibt sich, wenn man  $\omega$  durch die Wellenlänge  $\lambda$  ersetzt:

$$\bar{N} = \frac{4}{3} \pi^2 \mu_0 c^3 \frac{e^2 A^2}{\lambda^4}$$

$\bar{N}$  wächst mit abnehmender Wellenlänge stark an. Wir wollen daher diejenige charakteristische Frequenz  $\omega_0$  bzw. Wellenlänge  $\lambda_0$  finden, bei der die gesamte mechanische Energie des Elektrons bei einer einzigen Vollschiwingung abgestrahlt würde. Es ist:

$$\bar{N} T = \frac{m}{2} v_{max}^2$$

wobei  $T = c/\lambda$  die Schwingungsdauer,  $m$  die Elektronenmasse und  $v_{max} = \omega A$  die Geschwindigkeitsamplitude ist. (3) in (4) eingesetzt, liefert  $\lambda_0$ , das unabhängig von  $A$  ist:

$$\lambda_0 = \frac{2}{3} \pi \mu_0 \frac{e^2}{m} = 7.4 \cdot 10^{-12} \text{ cm.}$$

Diese Wellenlänge gehört jedoch den härtesten  $\gamma$ -Strahlen an und ist noch 30mal kürzer als die charakteristische Wellenlänge des Comptoneffektes, bei dem die Masse  $h\nu$  des Lichtquantens gleich  $m$  der Elektronenmasse ist.

Ein Elektron, das entsprechend einer längeren Wellenlänge pendelt, verliert nach (4) bei einer Vollschiwingung nur den  $\eta_e$ -ten Teil seiner Energie, also:

$$\eta_e = \frac{\lambda_e}{\lambda} = \frac{7.4 \cdot 10^{-12} \text{ cm}}{\lambda}$$

Alle Röhren des Hochfrequenzgebietes wären infolge dieses verschwindend kleinen Wirkungsgrades zur technischen Bedeutungslosigkeit verurteilt, wenn diese Hertzstrahlung der einzige Umwandlungsvorgang der mechanischen Energie des Elektrons in Strahlung wäre. Die bremsende Kraft, die die Strahlung eines Elektrons auf dieses selbst ausübt, ist in allen Elektronenröhren zu vernachlässigen gegenüber dem Energieentzug, den das Elektron in den von anderen Ladungen erzeugten Wechselfeldern erfährt.

Der in (6) angegebene Abstrahlungswirkungsgrad läßt sich aber noch um viele Zehnerpotenzen vergrößern, wenn man statt eines einzelnen Elektrons ein Ladungspaket bestehend aus  $p$  Elementarladungen mit gleicher Phase pendeln läßt. Da in Gl. (5)  $\lambda_0$  dem Ladungsquadrat durch Massenproportionalität proportional ist, wird die charakteristische Wellenlänge  $\lambda_0$  somit auch der Abstrahlungsgrad  $\eta_p$  des Elektronenpakets

$$\eta_p = p \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

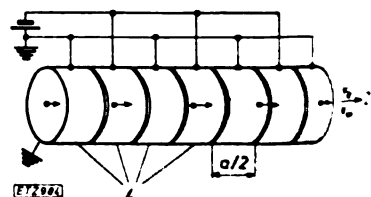


Bild 1. Zylindrischer Hohlleiter mit unterteilten Wandstücken verschiedenen Potentials.



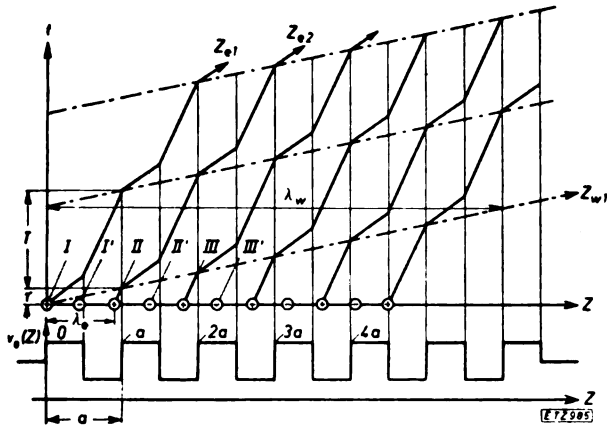


Bild 2. Elektronenfahrplan zur Darstellung der Wellenverstärkung.

Die Weg-Zeitkurven der nach rechts laufenden Wellenzüge, die von den Ladungen I, I', II, II' usw. bei ihren sprunghaften Geschwindigkeitsänderungen ausgelöst werden, sind durch die stetig verlaufenden strichpunktierten Geraden dargestellt. Die Weg-Zeitlinien der Ladungen selbst sind jedoch infolge ihres mäanderförmigen Geschwindigkeitsverlaufes die geknickten, vollauszogenen Streckenzüge.

Bei vorgegebener Frequenz  $\omega$  der anzufachenden Welle  $v_e$  und  $v_w$  muß  $a$  den Wert haben:

$$a = \frac{2\pi}{\omega} \frac{v_e}{1 - \frac{v_e}{v_w}} = \lambda_w \frac{\bar{u}}{1 - \bar{u}} \quad (9)$$

Befänden sich zwischen den Ladungen I, II, III usw. die Ladungen I', II', III' usw. mit entgegengesetzten Ladungsvorzeichen, so würden auch diese phasenrichtig zur Verstärkungswelle beitragen,

### Erregung einer Stromwelle beliebiger Phasengeschwindigkeit

Anstelle einer Punktladungskette mit alternierendem Ladungsvorzeichen wird für die Realisierung dieser Röhre ein schwach dichtemodulierter Elektronenstrahl benutzt. Sein Gleichstromanteil hat keinen Einfluß auf die Verstärkungswelle, während sein Schwankungsanteil der obengeschilderten alternierenden Ladungskette ähnelt.

Schießt man einen zeitlich konstanten, fadenförmigen Elektronenstrahl in ein beliebiges elektrostatisches Feld, so wird sowohl die Ladungsgeschwindigkeit als auch die Ladungsdichte von Punkt zu Punkt der Bahn verschieden sein. Das Produkt beider, also der Strom, bleibt aber konstant. Moduliert man jedoch die Stromstärke der Elektronenstrahlquelle nach einer beliebigen Funktion der Zeit, so bewegen sich die Orte gleicher Stromstärke (Phase) mit der Geschwindigkeit der Elektronen. (Beispiel: Strahl der Gartenspritze im Gravitationsfelde).

Für einen dichtemodulierten Elektronenstrahl in einem in  $z$  periodischen Längsfelde kann man daher für  $I(z, t)$  schreiben:

$$i(z, t) = I \left[ 1 + m \sin \omega \left( t - \frac{z}{\bar{v}} + A \sin \frac{2\pi}{a} z \right) \right] = I + i_{\sim} \quad (10)$$

Am Rohranfang, also  $z = 0$ , ist  $I(z = 0, t) = I(t + m \sin \omega t)$  der mit dem Modulationsgrad  $m$  modulierte Strahlstrom. Die „Phasengeschwindigkeit“  $v$  dieses Ausbreitungsvorganges findet man aus Gl. (10)

$$t - \frac{z}{\bar{v}} + A \sin \frac{2\pi}{a} z = \text{Const.} \quad (11)$$

aus der man  $v$  nur als Funktion von  $z$  findet, was charakteristisch für ein Potentialfeld ist.

$$v = \frac{dz}{dt} = \frac{\bar{v}}{1 - \frac{2\pi A \bar{v}}{a} \cos \frac{2\pi}{a} z} \approx \bar{v} + V_0 \cos \frac{2\pi}{a} z \quad \text{für } \frac{A \bar{v}}{a} \ll 1. \quad (12)$$

Die  $z$ -Funktion des Wechselstromanteiles  $i_{\sim}$  in Gl. (10) entspricht der  $t$ -Funktion der Frequenzmodulation, die bekanntlich auf Besselfunktionen für die Spektralampplituden führt.

$$\left. \begin{aligned} \sin \left( \omega t - \frac{\omega z}{\bar{v}} + A \omega \sin \frac{2\pi}{a} z \right) &= \sin \left( \omega t - \frac{\omega z}{\bar{v}} \right) \\ \cdot \cos \left( A \omega \sin \frac{2\pi}{a} z \right) &+ \cos \left( \omega t - \frac{\omega z}{\bar{v}} \right) \sin \left( A \omega \sin \frac{2\pi}{a} z \right) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

### Die Erregung einer unverzögerten fortschreitenden E-Welle durch ein Ladungspaket

Unterteilt man die metallische Wand eines zylindrischen Hohlleiters in Ringe der Breite  $a/2$  und legt an die Ringe ungerader Ordnungszahl ein Gleichpotential, das von dem Potential der Ringe gerader Ordnungszahl um  $\Delta U$  verschieden ist, so wird sich in der Rohrachse  $z$  eine in  $z$  periodische elektrostatische Feldstärke  $E_z$  ergeben (Bild 1).  $E_z$  errechnet sich aus der Potentialtheorie zu:

$$E_z = \frac{2}{\pi} \Delta U \sum_{n=1,3,4,7,\dots} \frac{2\pi}{a} \frac{\sin n \frac{2\pi}{a} z}{J_0 \left( i \frac{n 2\pi}{a} R \right)} \approx \frac{2 \Delta U}{a J_0 \left( i \frac{2\pi R}{a} \right)} \cdot \sin \frac{2\pi}{a} z, \quad \text{für } R > a. \quad (8)$$

$J_0(ix)$  ist die Besselsche Funktion, die für imaginäres Argument reell ist und für  $ix > 2i$  steil ansteigt [4]. Wenn der Zylinderradius  $R > a$  ist, kann die Amplitude  $1/J_0(ni 2\pi R/a)$  der höheren Harmonischen  $\sin n \frac{2\pi}{a} z$  vernachlässigt werden.

Schießt man nun ein einzelnes Ladungspaket mit der Geschwindigkeit  $\bar{v}$  in dieses in  $z$  periodische statische Feld, so erfährt es eine periodische Beschleunigung der Frequenz  $f_e \approx \bar{v}/a$ . Es strahlt infolgedessen wie ein Hertzscher Dipol der Frequenz  $f_e$ , der sich mit der Geschwindigkeit  $\bar{v}$  bewegt. Der ausgesandte Wellenzug hat nach dem Dopplerschen Prinzip in Flugrichtung die Frequenz  $f_w = f_e (1 + \bar{v}/c)$ .

Um nun eine kontinuierliche Welle zu erhalten, kann anstelle eines einzelnen Ladungspaketes in geeigneten gleichen Abständen  $\lambda_e$  eine Kette von Ladungspaketten in das Anfachungsrohr eingeschossen werden. Der Abstand  $\lambda_e$  der Ladungspakete ist von  $a$  verschieden und so gewählt, daß die von den einzelnen Ladungspaketten hervorgerufenen Wanderwellen sich in Flugrichtung phasenrichtig überlagern. Diese Bedingungen lassen sich am einfachsten in einem graphischen Fahrplan übersehen (Bild 2).

Das in  $z$  periodische Gleichfeld bedingt eine periodische Schwankung der Elektronengeschwindigkeit, die einfachheits halber durch die Mäanderlinie  $v(z)$  dargestellt ist. An den Orten  $z = 0, a, 2a, 3a$  usw. wird das Ladungspaket demnach beschleunigt, bei  $z = a/2, 3a/2, 5a/2$  usw. verzögert. Ein Ladungspaket erregt daher beim Passieren der Stellen  $z = 0, a, 2a \dots$  eine Welle positiver, in den Punkten  $z = a/2, 3a/2, 5a/2$ , eine Welle negativer Ausgangsphase.

In Bild 2 ist der Ort  $z_{e1}$  des Elektronenpaketes I, sowie der Ort  $z_{w1}$  des Wellenkopfes, den dieses Paket beim Eintritt in die Röhre auslöste, abhängig von der Zeit  $t$  aufgetragen. Damit nun das Ladungspaket II, das um  $T$  Sekunden vor dem Ladungspaket I in die Röhre eintrat, phasenrichtig zu deren Welle  $z_{w1}$  beitragen kann, muß es gerade in demselben Zeitpunkt  $t = \tau$  den Ort  $z = a$  passieren wie die Welle  $z_{w1}$ . Analoges gilt für die übrigen Ladungspakete III, IV usw.

Die in Gl. (13) vorkommenden Kreisfunktionen vom Argument  $\sin \frac{2\pi}{a} z$  sind genau wie  $\sin \frac{2\pi}{a} z$  selbst, periodische Funktionen von  $z$ , die sich durch eine Fouriersche Reihe (14) darstellen lassen.

$$\left. \begin{aligned} \text{Da nun } \sin(x \sin \varphi) &\approx 2 \sum_{n=0}^{\infty} J_{2n+1}(x) \sin(2n+1)\varphi \\ &\approx 2 J_1(x) \sin \varphi \\ \text{und} \\ \cos(x \sin \varphi) &\approx J_0(x) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(x) \cos 2n\varphi \approx J_0(x) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

kann man unter Vernachlässigung der höheren Harmonischen schreiben:

$$\begin{aligned} i_{\sim} &= m J_0(\omega A) \cos \omega \left( t - \frac{z}{V} \right) + J_1(\omega A) \sin \left( \omega t - \frac{\omega z}{V} + \frac{2\pi z}{a} \right) \\ &+ m J_1(\omega A) \sin \left( \omega t - \frac{\omega z}{V} - \frac{2\pi z}{a} \right) = i_e + i_w + i_{gw}. \end{aligned} \quad (15)$$

Der Wechselstromanteil  $i_{\sim}$  besteht also aus 3 Stromwellen  $i_e$ ,  $i_w$  und  $i_{gw}$  der gleichen Frequenz  $\omega$ , wobei  $i$  mit einer Phasengeschwindigkeit gleich der mittleren Elektronengeschwindigkeit  $V$  läuft,  $i_w$  bzw.  $i_{gw}$  schneller bzw. langsamer als die Elektronen laufen.

Die Phasengeschwindigkeit  $V_w$  der schnellen Stromwelle ist nach (15)

$$V_w = \frac{\bar{V}}{1 - \frac{2\pi \bar{V}}{a \omega}}. \quad (16)$$

Man sieht, daß  $V_w$  beliebig große Werte, selbst  $\pm \infty$  annehmen kann, wenn  $a\omega = 2\pi \bar{V}$  oder  $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{c}{V}$  gemacht wird.

Wenn wir für die Besselfunktion  $J_1 \left( \frac{V_0 \omega a}{\bar{V}^2 2\pi} \right)$  in Gl. (15) mit dem kleinen Argument  $\frac{V_0 \omega a}{\bar{V}^2 2\pi} \approx \frac{V_0}{\bar{V}} \ll 1$  den Näherungswert  $\frac{1}{2} \frac{V_0}{\bar{V}}$  setzen, so ergibt sich mit (16) die allein interessierende schnelle Stromwelle

$$i_w \approx \frac{mI}{2} \frac{V_0}{\bar{V}} \sin \omega \left( t - \frac{z}{V_w} \right) = I_w \sin \omega \left( t - \frac{z}{V_w} \right). \quad (17)$$

deren Amplitude bei nicht zu kleinem  $m$  und  $\frac{V_0}{\bar{V}}$  noch ein erheblicher Teil des Strahlgleichstromes betragen kann.

Die Zerlegbarkeit des Wechselstromanteils  $i_{\sim}$  des dichte- und geschwindigkeitsmodulierten Elektronenstromes in drei Stromwellen verschiedener Phasengeschwindigkeit kann man sich mittels Analogiebetrachtungen einer frequenzmodulierten Schwingung unmittelbar klar machen, indem man in Gl. (11) Ort und Zeit vertauscht. Die sich so ergebende frequenzmodulierte Zeitfunktion kann man bekanntlich bei nicht zu großem Frequenzhub in drei harmonische Schwingungen verschiedener Winkelgeschwindigkeit zerlegen: die Trägerfrequenz und Trägerfrequenz  $\pm \omega$ . Ist nun  $\omega$  gleich der Trägerfrequenz, so hat eine der drei Teilwellen die Frequenz Null. Die Teilsschwingung ist somit konstant für alle  $t$  und nur eine Funktion des Ortes. Überträgt man dieses Ergebnis nun wieder in die ursprüngliche Bedeutung von  $z$  und  $t$ , so findet man, daß die interessante Stromwelle sehr wohl für alle  $z$  konstant und nur eine Funktion von  $t$  sein kann. Das bedeutet aber, daß sie sich mit unendlich großer Phasengeschwindigkeit ausbreiten kann.

### Die Verstärkung einer fortschreitenden $E_{01}$ -Rohrwelle mittels einer gleichphasigen Stromwelle

Die Stromwelle  $i_w$ , deren Phasengeschwindigkeit größer als Lichtgeschwindigkeit sein soll, kann nun, in der von den Wanderfeldröhren [5] bekannten Weise, längs ihres Weges durch den Hohlleiter dauernd Energie an eine fortschreitende E-Welle abgeben, wenn diese sich mit angenähert gleicher Phasengeschwindigkeit bewegt und in Gegenphase zu den Strömen der E-Welle ist.

Der Leistungsentzug  $\Delta N$  durch die bremsenden Feldkräfte für ein Strahlstück der Länge  $\Delta z$  ist dabei:

$$\Delta N = \frac{1}{T} \int_0^T i_w E_z \Delta z dt = \frac{1}{2} I_w E_z \Delta z. \quad (18)$$

Nun besteht aber für eine fortschreitende  $E_{01}$ -Welle folgender Zusammenhang zwischen der von einer  $E_{01}$ -Welle transportierten mittleren Leistung  $N$  und der Feldstärke  $E_z$  auf der Rohrachse [6]

$$E_z = 11,4 \Omega^{1/2} \frac{\lambda}{R^2} \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{gr})^2}}. \quad (19)$$

Unter der Annahme, daß die gesamte dem Strahl entzogene Leistung  $\Delta U$  zum Anwachsen der  $E_{01}$ -Welle längs der  $z$ -Achse dient, kann man für  $N(z)$  schreiben:

$$\Delta N = \frac{1}{2} I_w 11,4 \Omega^{1/2} \frac{\lambda}{R^2} \frac{1}{\sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{gr})^2}} \sqrt{N(z)} \Delta z \quad (20)$$

und somit

$$N(z) = \left( 11,4 \Omega^{1/2} \frac{\lambda}{R^2} \frac{I_w}{\sqrt{1 - (\lambda/\lambda_{gr})^2}} \right)^2 z^2 \quad (21)$$

Die Leistung der elektromagnetischen Welle, die als schwaches Signal von einer Seite in den Hohlleiter eintritt, wächst also mit dem Quadrat des durchlaufenden Weges an und verläßt diesen verstärkt durch das andere Ende. Daß die Energie der Rohrwelle mit  $z^2$  und somit die Feldstärke mit  $z$  linear anwächst, ist damit zu erklären, daß bei dem schwachen Signal keine Rückwirkung der Felder auf die Stromwelle berücksichtigt wurde. Dank des Wurzelausdrucks im Nenner (21) hat man es in der Hand durch Wahl einer Grenzwellenlänge  $\lambda_{gr}$ , die nur wenig über der Wellenlänge des zu verstärkenden Frequenzbandes liegt, den Proportionalitätsfaktor von  $z^2$ , also die Verstärkung je Längeneinheit beliebig groß zu machen. Eine obere Grenze dafür ist dadurch gegeben, daß bei zu starker Annäherung von  $\lambda$  an  $\lambda_{gr}$  die einzelnen Frequenzen des Signalspektrums nicht mehr angenähert gleich verstärkt werden und die Röhre somit ihren Charakter als Breitbandverstärker verliert.

Die hier durchgeführten Überlegungen berücksichtigen nicht die Rückwirkung der E-Welle auf die Elektronenbewegung und gelten daher streng nur für verschwindend kleine Auskopplungsleistungen. Eine strengere Theorie, die diese Rückwirkung berücksichtigt, soll demnächst in einer Gemeinschaftsarbeit mit Herrn Dr. E. A. Deuker veröffentlicht werden<sup>1</sup>.

Bereits nach Abfassung dieses Berichtes wurde eine neue Veröffentlichung von Lester M. Field und Mitarbeitern bekannt, in der auch eine Röhre beschrieben wird, die trotz völlig verschiedenem Verstärkermechanismus rein äußerlich der hier geschilderten weitgehend gleicht [7]. Während die hier beschriebene Verstärkung auf einem rein kinematischen Effekt der Dichte- und Geschwindigkeitsmodulation beruht, bei dem die Raumladungsfelder keine Rolle spielen, sind es dort gerade die Raumladungsschwingungen, die den Vorgang bedingen.

<sup>1</sup> Dem Verfasser ist es eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle den Herren Dr. Deuker und Dr. H. Weiß für wertvolle Diskussionen zu danken.

**Zusammenfassung**

Damit ein dichtemodulierter Elektronenstrahl in energetische Wechselwirkung mit einer fortschreitenden  $E_{01}$ -Rohrwelle treten kann, deren Phasengeschwindigkeit größer als Lichtgeschwindigkeit und somit erst recht ein Vielfaches der Elektronengeschwindigkeit ist, wird den Elektronen mittels eines in der z-Achse periodischen elektrostatischen Feldes eine periodische Geschwindigkeitsschwankung aufgezwungen. Die Elektroden des elektrostatischen Feldes sind so ausgeführt, daß sie die Ausbreitung der elektromagnetischen Rohrwellen nicht beeinflussen. An Hand idealisierter Verhältnisse wird in einem graphischen Elektronenfahrplan das Zustandekommen einer Wellenverstärkung anschaulich beschrieben. Eine rechnerische Untersuchung zeigt, daß ein dichtemodulierter Elektronenstrahl in einem örtlich periodischen statischen Längsfeld einen Strom bedingt, der sich aus 3 fortschreitenden Stromwellen zusammensetzt. Die Phasengeschwindigkeit der einen dieser 3 Stromwellen kann dabei beliebig groß, selbst unendlich gemacht werden. Diese Stromwelle ist es nun, die einer unverzögerten E-Welle gleicher Phase dauernd Energie zuführen kann.

**Schrifttum**

- [1] H. Kleinwächter: Zur Wanderwellenröhre. Elektrotechn., Bln. 4 (1950) S. 245.
- [2] R. Kompfner: The travelling wave tube as amplifier at microwaves. Proc. Instn. Radio Engrs. 35 (1947) S. 124.
- [3] W. O. Schumann: Elektrische Wellen. Carl Hanser-Verlag, München 1948, S. 300.
- [4] Jahnke-Emde: Funktionentafeln. Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1933, S. 277.
- [5] O. Doehler: Travelling-Wave-Röhren. Funk u. Ton 4 (1950) S. 493.
- [6] H. H. Meinke: Felder und Wellen in Hohlleitern. Verlag R. Oldenbourg, München 1950.
- [7] L. M. Field u. Mitarbeiter: Proc. Instn. Radio Engrs. Febr. 1951.

## Goelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern

### Zusammenfassender Bericht

Von Volker Fritsch, Wien

DK 621.317.331 : 624.051

**Übersicht.** Im folgenden sei ein kurzer zusammenfassender Bericht über geoelektrische Verfahren für die Untersuchung des Baugrundes von Staumauern gegeben. In den letzten Jahren wurden diese so weit entwickelt, daß sie z. B. in Österreich praktisch ausschließlich verwendet werden. Seit 1946 wurden in Österreich etwa 4000 geoelektrische Sondierungen ausgeführt, davon mehr als die Hälfte zur Untersuchung von Baugründen. Zunächst sollen nur die Gleichstrom- und Niederfrequenzverfahren berücksichtigt werden. Die Hochfrequenzverfahren wären später besonders darzustellen.

**Grundsätzliches**

Zunächst wird der spezifische Widerstand des Untergrundes gemessen. Dieser ist von der geologischen Zusammensetzung, der Klüftigkeit und dem Gehalt an wässrigen Lösungen abhängig. Besteht der Untergrund aus verschiedenen Bestandteilen (etwa fester Fels, Wasser, Lehm, Luft in den Hohlräumen usw.) von den spezifischen Widerständen  $\rho' \dots \rho'' \dots \rho''' \dots$  und den Anteilen  $\vartheta' \dots \vartheta'' \dots \vartheta''' \dots$ , so ist der spezifische Widerstand des Mischkörpers  $\rho_0$  nach der Theorie von Lorenz-Lorentz [1]:

$$\frac{\rho_0 - 1}{\rho_0 + 2} = \vartheta' \frac{\rho' - 1}{\rho' + 2} + \vartheta'' \frac{\rho'' - 1}{\rho'' + 2} + \vartheta''' \frac{\rho''' - 1}{\rho''' + 2} + \dots \quad (1)$$

Aus dem bekannten Widerstande der einzelnen Bestandteile, der meist an Aufschlüssen gemessen werden kann und dem gemessenen Widerstande kann daher z. B. der Gehalt an Lehm, an Grundwasser und auch die Klüftigkeit ermittelt werden. Wie genau dies möglich ist, zeigt folgendes Beispiel: In Kaprun wurde in einer bestimmten Zone aus mehreren hundert Einzelmessungen das verfüllte Kluftevolumen mit 0,0028 berechnet. Die mechanische Überprüfung ergab 0,0035. Über den Widerstand geologischer Leiter existiert heute schon ein sehr umfangreiches Schrifttum [2] bis [5]. Im allgemeinen ist ein Fels mechanisch umso günstiger, je höher ein Widerstand ist. Man kann in vielen Fällen die Beschaffenheit eines Felsuntergrundes durch Angabe seines Widerstandes sehr weitgehend kennzeichnen. Fester Fels hat z. B. spezifische Widerstände von 2000 ... 10 000, stark zerklüfteter Felsen 200 ... 1000, Lehm 10 ... 100 und Kluftwasser 30 ... 100  $\Omega m$ .

**Homogener Untergrund**

Um den spezifischen Widerstand des Bodens zu bestimmen, erzeugt man zwischen den Elektroden E eine elektrische Strömung I und mißt das von dieser erzeugte Potentialfeld mit den Sonden S (Bild 1). Die Aufschlußtiefe h ist eine Funktion des Elektrodenabstandes 2A. Der spezifische

Widerstand ist  $\rho_0 = \frac{U}{I} K$  und die Konfigurationskonstante

$$K = \frac{\pi}{2} \left( \frac{A^2 - d^2}{d} \right) \quad (2)$$

**Doppelschicht**

Der Untergrund bestehe aus zwei planparallelen Schichten, von denen die obere die Dicke  $m_1$  hat, die untere aber bis in eine unendliche Tiefe reicht, während die spezifischen Widerstände  $\rho_1$  und  $\rho_2$  betragen. Dann ergibt sich für den „scheinbaren spezifischen Widerstand“  $\rho_s$  als Funktion der verschiedenen Kenngrößen, für den meist vorliegenden Fall  $d \ll A$

$$\rho_s = \rho_1 \left\{ [1 + (A^2 - d^2)d] \sum_{v=1}^{\infty} K^v \left( \frac{1}{\sqrt{(A-d)^2 + (2v m_1)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(A+d)^2 + (2v m_1)^2}} \right) \right\} \quad (3)$$

wobei der Modul  $K = (\rho_2 - \rho_1) / (\rho_1 + \rho_2)$  ist.

Um richtige Werte zu erhalten, muß man oft bis zu 40 Glieder v berechnen. Innerhalb des Bereiches

$$A < 4m_1 \text{ und } 1,5 < \rho_2/\rho_1 < 39 \text{ sowie } \rho_2 > \rho_1$$

kann man die Näherungsgleichung von R. Menzel<sup>2</sup> verwenden.

$$\rho = \rho_1 [1 + 2K(1 + 4(m_1/A)^2)^{-3/2} + (1/40)K^2(1/m_1)^3] \quad (4a)$$

und unter der Voraussetzung

$$0,012 < \rho_2/\rho_1 < 0,67$$

gilt die Näherungsgleichung:

$$\rho_s = \rho_1 [1 + 2K(1 + 4(m_1/A)^2)^{-3/2} + (1/90)K^2(1/m_1)^3]. \quad (4b)$$

Man wertet die gemessenen Kurven aus, indem man sie mit berechneten vergleicht.

<sup>2</sup> Veröffentlichung erscheint demnächst.

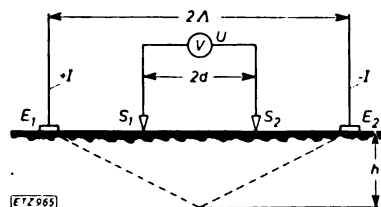


Bild 1. Homogener Untergrund.

<sup>1</sup> Ergänzter Wiedergabe eines auf der Tagung des deutschen Baugrundwissenschaftlers am 20. Sept. 1950 in Karlsruhe gehaltenen Vortrages.

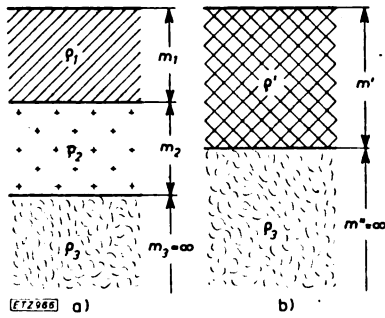


Bild 2. Dreifachschicht.

**Mehrfachschichten**

Für Dreifachschichten wurden Kurven berechnet [6]. Meist aber verwendet man das besonders von J. N. Hummel entwickelte Hilfspunkterverfahren [7]. Wie in Bild 2 dargestellt, ersetzt man<sup>3</sup> der Reihe nach und von oben beginnend immer zwei Schichten durch eine fiktive von der Dicke  $m'$  und dem fiktiven spezifischen Widerstände  $\rho'$ .

Für die vier wichtigsten Fälle erhält man:

1.  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ ;  $m' = m_1 + m_2$   
 $\rho' = \rho_1 \rho_2 [(m_1 + m_2) / (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1)]$  (5a)

2.  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$   
 $m' = \zeta [(m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2) / (m_1 \rho_1^{-1} + m_2 \rho_2^{-1})]^{1/2}$   
 $\rho' = \{ \rho_1 \rho_2 [(m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2) / (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1)] \}^{1/2}$  (5b)

wobei  $\zeta$  eine experimentell zu bestimmende Konstante ist.  
 3.  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$   
 $m' = [(m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2) / (m_1 \rho_1^{-1} + m_2 \rho_2^{-1})]^{1/2}$   
 $\rho' = \{ \rho_1 \rho_2 [(m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2) / (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1)] \}^{1/2}$  (5c)

4.  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$   
 $m' = \eta^{-1} (1 + m_2 m_1^{-1})$  (5d)  
 $\rho' = \eta^{-1} \rho_2 [(m_1 + m_2) / (m_1 \rho_2 + m_2 \rho_1)]$   
 $\eta = f\left(\frac{m_1}{m_2}, \frac{\rho_1}{\rho_2}, \dots\right)$  ist experimentell zu bestimmen.

Die Auswertung erfolgt wieder graphisch. Zuerst wird das Schichtpaar  $(\rho_1 \dots m_1 \dots \rho_2)$  nach Gl. (3) behandelt, dann  $(\rho_1 \dots m_1 \dots \rho_2)$  nach Gl. (5) zu  $\rho'$  und  $m'$  zusammengesetzt und schließlich wieder das neue Schichtpaar  $(\rho' \dots m_1 \dots \rho_3)$  nach Gl. (3) behandelt. Man kann so auch Vier- und Mehrschichtprobleme berechnen.

**Geneigte Schichten**

Bei der Behandlung geneigter Schichten ist der Winkel  $\varphi$  und die „Stationsentfernung“  $a$  zu berücksichtigen. Man berechnet die Potentialverteilung meist nach dem Verfahren der elektrischen Bilder [8].

Für die in Bild 3 dargestellten Fälle (a) erhält man beispielsweise, wenn  $d \ll A$  ist:

1.  $\varphi = 90^\circ$   
 $\rho_s = \rho_2 [1 + (n-1)(n+1)^{-1} \cdot 4 \cdot A^2 a (4a^2 - A^2)^{-2}]$  (6)

2.  $\varphi = 60^\circ$   
 $\rho_s = \rho_2 \left\{ 1 + (n-1)(n+1)^{-1} \cdot (.1^2/2) \cdot (a + .1) \cdot [0,25(a + .1)^2 + 0,75(a - .1)^2]^{-3/2} - (a - .1) \cdot [0,25(a - .1)^2 + 0,75(a + .1)^2]^{-3/2} \right\}$  (7)

<sup>3</sup>  $\rho'$ ,  $m'$  und  $m''$  sind mit den gleichbezeichneten Größen der Gleichung (1) nicht identisch.

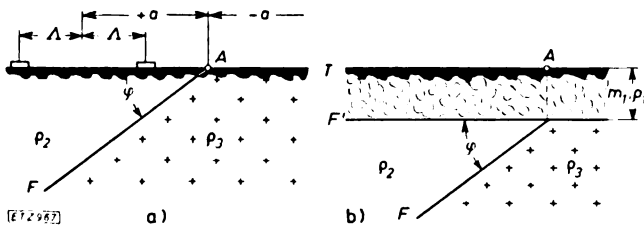


Bild 3. Geneigte Schichten.

3.  $\varphi = 45^\circ$

$$\rho_s = \rho_2 \left\{ \left[ 1 + (n-1)(n+1)^{-1} a \cdot A^2 \cdot \left\{ [(a - A)^2 + a^2]^{-3/2} - [(a + A)^2 + a^2]^{-3/2} \right\} + (n-1)^2 (n+1)^{-2} 4 A^3 a (4a^2 - A^2)^{-2} \right] \right\}$$

4.  $\varphi = 30^\circ$

$$\rho_s = \rho_2 \left\{ \left[ 1 + (n-1)(n+1)^{-1} a \cdot A^2 \cdot \left\{ (a + A) [3(a - A)^2 + (a + A)^2]^{-3/2} - (a - A) [3(a + A)^2 + (a - A)^2]^{-3/2} \right\} + (n-1)^2 (n+1)^{-2} \cdot A^2 [(3a - A) \cdot [3(a - A)^2 + 3(a + A)^2]^{-3/2} - (3a + A) [3(a + A)^2 + (3a - A)^2]^{-3/2} \right] + (n-1)^3 (n+1)^{-3} 4 \cdot A^2 a [4a^2 - A^2]^{-2} \right\}$$

In den Gleichungen (6) bis (8) ist  $n = \rho_3/\rho_2$  (Bild 2). Es gibt auch graphische Näherungsverfahren, die hier näher besprochen werden können.

Ist die geneigte Schichtfolge von einer ebenen  $(\rho_1 \dots)$  überdeckt (Bild 3b), so ist diese mit der ebenen berechnet nach Gl. (3) oder (4) zu einer Doppelschicht zusammengesetzt.

**Senkrechte Platten**

Die Behandlung des in Bild 4 dargestellten Problems ist wesentlich komplizierter. Wenn die Stationsachse mit der Symmetrieachse der Platte zusammenfallen, so handelt es sich um ein symmetrisches Problem, sonst um ein asymmetrisches. Neben der komplizierten mathematischen Behandlung ist das in Entwicklung stehende Verfahren „Wirklflächen“ und eine vereinfachte graphische Behandlung möglich. Bei dieser läßt man bei  $A = \text{const.}$  zunächst  $a$  und dann  $-a$  immer kleiner werden und nimmt gleichzeitig  $b$  sehr groß ist. Man erhält dann eine Kurve  $\rho_s = \rho_2$ , die beim Werte  $\rho_s = \rho_2$  beginnt und sich dem Werte  $\rho_s = \rho_3$  asymptotisch nähert. Die von links und von rechts gezeichneten Kurven schneiden sich dann in der Achse an einem Punkte, der dem zugehörigen  $\rho_s$ -Werte entspricht. Dieses Verfahren ist nicht exakt. Das Problem der senkrechten schrägen Platte soll, da es eine umfangreichere Behandlung erfordert, in einer besonderen Arbeit dargestellt werden. Ist die Platte mit der Schicht  $(m_1 \dots \rho_1)$  überdeckt, Bild 4b, so ist unter den Voraussetzungen nach Bild 3b zu rechnen.

**Messungen in Bohrlöchern**

Wenn Bohrlöcher vorhanden sind, so kann man für geoelektrische Messungen benutzen. In Bild 5 sind zwei Anordnungen dargestellt.

Bei Sonden in den Bohrlöchern (Bild 5a) erhält man der Voraussetzung  $d \ll A$  und  $h \ll A$

$$\rho_s = (U/I) \pi (A^2 + h^2)^{3/2} (2d A)^{-1}$$

und allgemein

$$\rho_s = (U/I) \pi [(A^2 - d^2)^2 + 2h^2 A^2 + 2h^2 d^2 + h^4]^{1/2} (2d \cdot 1)^{-1} (A + h^2)^{1/2}$$

Ebenso erhält man für den Fall nach Bild 5b  $a = (A - d)$  und  $b = (A + d)$ :

$$\rho_s = (U/I) \pi [(h^2 + a^2)^{-1/2} - (h^2 + b^2)^{-1/2}]^{-1}$$

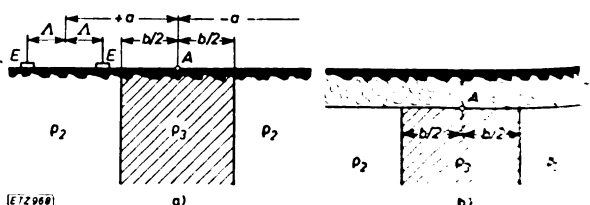


Bild 4. Senkrechte Platten.

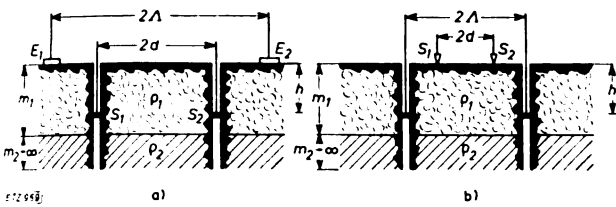


Bild 5. Messungen in Bohrlöchern.

Meist verwendet man die Anordnung nach Bild 5a. Sind zwei Schichten vorhanden, so wird, wenn  $(h < m_1)$ :

$$\varrho_s = \varrho_1 \left\{ 1 + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1 + h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1 + h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} \right\} \quad (12)$$

Wenn  $(h > m_1)$ , „Sonden in der Unterschicht“, so erhält man

$$\varrho_s = \varrho_1 \left\{ 1 + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1 + h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} + K \sum_{v=0}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1 + h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} \right\} \quad (13)$$

wobei  $K = (\varrho_2 - \varrho_1) / (\varrho_2 + \varrho_1)$ .

Wenn der Elektrodenabstand  $2l$  sehr klein wird, so nähert sich  $\varrho_s$  nicht dem Grenzwert  $\varrho_1$ , sondern einem Grenzwert für  $h < m_1$

$$\varrho_s = \varrho_1 \left\{ 1 + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1, h^2 + 1 h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1, h^2 - 1 h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} \right\} \quad (14)$$

für  $h > m_1$

$$\varrho_s = \varrho_1 \left\{ 1 + \sum_{v=1}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1, h^2 - 1 h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} + K \sum_{v=0}^{\infty} \frac{K^v}{\left[ 1 + 4v m_1 \frac{(v m_1, h^2 + 1 h)^{3/2}}{(l^2 + h^2)} \right]} \right\} \quad (15)$$

Schließlich wird neuerdings auch die aus der Erdölgeologie her bekannte Methode des „elektrischen Kernens“ in entsprechend modifizierten Anordnungen verwendet. Ihr Prinzip ist in Bild 6 dargestellt. Die Gegenelektrode  $E_1$  soll in möglichst großem Abstände  $a$  vom Meßgerät  $M$  bzw. vom Bohrlöchl verlegt werden. Wenn  $a \rightarrow \infty$  und  $d < .1 < 2h$  ist, gilt:

$$\varrho_s = (U/I) (2\pi/d) [(1-d)^2 (2h - .1)^2] [4h^2 - 4h.1 + d^2]^{-1} \quad (16)$$

Ist  $a$  nicht sehr groß, so muß die Konfigurationskonstante für jeden Punkt unter Berücksichtigung von  $a$  besonders berechnet werden.

Oder allgemein bei  $a \rightarrow \infty$

$$\varrho_s = (U/I) (2\pi/d) \left[ l^2 - d^2 - (2h - .1)^2 - d^2 \right]^{-1} \quad (16a)$$

Die Auswertung der Kurven  $\varrho_s = f(h)/.1 = \text{const.}$  läßt dann z. B. poröse Schichten im Felsen, Lehmschichten, wasserführende Klüfte usw. erkennen.

Außer den hier beschriebenen Vierpunktverfahren werden zur Kontrolle von Zementinjektion auch noch Eielektrodenverfahren verwendet, die an anderer Stelle beschrieben sind [9].

Durch zweckmäßige Vereinigung der einzelnen Verfahren ist es heute möglich, sehr weitgehende Aufschlüsse über die elektrische und damit auch über die mechanische Beschaffenheit des Untergrundes zu gewinnen.

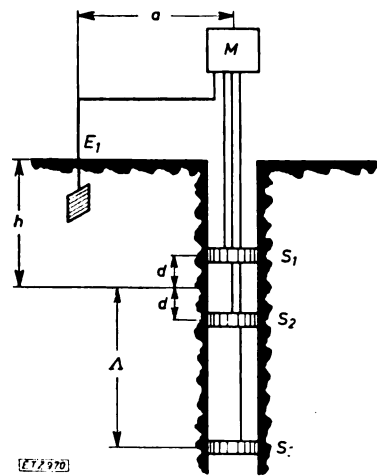


Bild 6. Untersuchungen mit Dreifachelektrode.

**Zusammenfassung**

Jeder geologische Leiter ist ein Mischkörper, dessen spezifischer Widerstand aus den Widerständen und dem Anteil seiner Bestandteile, sowie aus seiner Struktur berechnet werden kann. Die mechanische Beschaffenheit eines Untergrundes und besonders des Felsens ist an seinem spezifischen Widerstand zu erkennen. Die Messung des spezifischen Widerstandes homogener, geschichteter, sowie plattenförmig aufgebauter Räume von der Oberfläche aus wird beschrieben. Schließlich wird über das Verfahren zur Messung des spezifischen Widerstandes des Untergrundes vom Bohrlöchl aus berichtet.

**Schrifttum**

- [1] K. Lichtenegger: Die Dielektrizitätskonstante natürlicher und künstlicher Mischkörper. Phys. Z. 27 (1926) S. 115.
- [2] W. Wien und F. Harms: Handbuch der Experimentalphysik 25 (3) Akademische Verlagsg. Leipzig (1920).
- [3] V. Fritsch: Grundzüge der angewandten Geoelektrik. Manzsche Verlagsbuchhandlung Wien (1949).
- [4] C. A. Heiland: Geophys. exploration. Prentice Hall Incop. New York (1940).
- [5] H. Reich und R. Zwirger: Taschenbuch der angewandten Geophysik. Akademische Verlagsg. Leipzig (1943).
- [6] J. N. Hummel: Der scheinbare spezifische Widerstand bei vier planparallelen Schichten. Z. f. Geophys. 5 (1929) S. 228.
- [7] A. Ebert: Grundlagen zur Auswertung geoelektrischer Tiefenmessungen. Beitr. angew. Geophys. 10 (1943) S. 1.
- [8] F. Tölke: Die geophysikalische Baugrunduntersuchung unter besonderer Berücksichtigung der geoelektrischen Aufschlußverfahren. Bauingenieur 18 (1937) S. 271.
- [9] V. Fritsch: Die geoelektrische Überprüfung von Zementinjektionen zur Verfestigung des Baugrundes. Geosica pura e applicata 19 (1951) Helt 1-2.



## Bemerkungen zur Strahlergruppentechnik

Von S. Sawade, Hannover

DK 621.395.6231

Im Zusammenhang mit der Strahlergruppentechnik, die sich für Beschallungszwecke mehr und mehr durchsetzt, wird vielfach die Frage aufgeworfen, warum man dieses scheinbar so naheliegende Prinzip nicht schon früher in die Praxis eingeführt hat. Wohl sind Versuche in ähnlicher Richtung von verschiedenen Seiten schon vor längerer Zeit vorgenommen worden<sup>1</sup>. Sie wurden dann aber wieder aufgegeben, weil der Erfolg nicht befriedigend war.

Betrachtet man diejenigen älteren Anordnungen, die der modernen Strahlergruppentechnik am nächsten kommen, so muß man feststellen, daß die seinerzeit verwendeten Anlagen Lautsprecher mit großen, im wesentlichen bei allen Frequenzen über die ganze Fläche gleichphasig schwingenden Abstrahlflächen enthielten, physikalisch also eine dicht besetzte gerade Strahlergruppe darstellten.

Die Richtcharakteristik einer solchen Gruppe<sup>2</sup> ist durch den Ausdruck gegeben

$$S = \left| \frac{\sin x}{x} \right|, \text{ wobei } x = \frac{\pi l \cdot \sin \varphi}{\lambda} \text{ ist.}$$

Hierbei stellt  $l$  die Gruppenlänge,  $\varphi$  den betrachteten Abstrahlwinkel, gemessen von der auf der Gruppe senkrecht stehenden Hauptstrahlrichtung aus, und  $\lambda$  die Wellenlänge des Schalles dar. In Bild 1 sind die sich hieraus ergebenden

für sich eine nicht übermäßige Richtwirkung aufweisen. Für hohe Frequenzen ist die Richtwirkung also unter Annahme von Kugelstrahlern durch die Formel zu beschreiben

$$S = \left| \frac{\sin n x}{n \cdot \sin x} \right|, \quad x = \frac{\pi l}{\lambda} \cdot \sin \varphi,$$

wobei  $n$  die Anzahl der Strahler und  $l$  ihren gegenseitigen Abstand darstellt. Für einen gegenseitigen Abstand von 25 cm und 6 Strahler ergeben sich bei 1000 und 6000 Hz Richtdiagramme gemäß Bild 2. Man erkennt, daß unter der Voraussetzung von Kugelstrahlern eine mit der Frequenz zunehmende Verzipfelung eintritt, die jetzt ihrerseits für den gedachten Zweck schon zu stark wäre.

Nun strahlen aber die einzelnen Systeme bei den hohen Frequenzen gerichtet ab, wenn auch weniger stark als bei gleichphasig schwingender gesamter Membranfläche. Die tatsächlich gemessenen Richtkennlinien derartiger Systeme (25 cm gesamter Membrandurchmesser) zeigt Bild 3. Die resultierende Kennlinie, die sich aus der Multiplikation der beiden Richtkennlinien ergibt, zeigt Bild 4. Man erkennt, daß sich eine derart aufgebaute Strahlergruppe für die hohen Frequenzen in ihrer Richtwirkung ähnlich verhält, als ob nur ein einzelnes System in Betrieb wäre. Die Bündelung ist dabei keineswegs so scharf, wie es nach Bild 1 zu erwarten

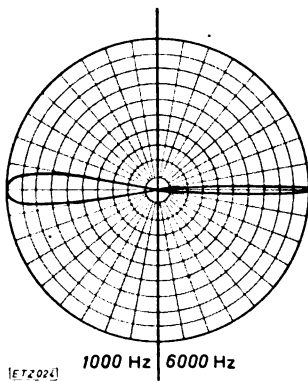


Bild 1. Richtkennlinien einer dicht besetzten geraden Gruppe ( $l = 150$  cm).

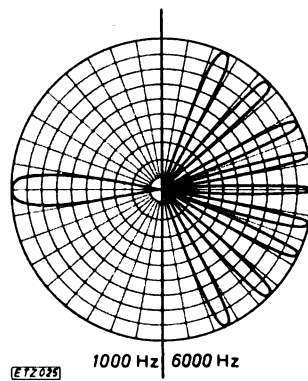


Bild 2. Richtkennlinien einer geraden Gruppe besetzt mit 6 Strahlern ( $l = 150$  cm).

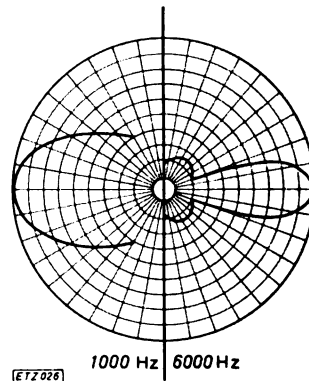


Bild 3. Richtkennlinien eines Konuslautsprechers mit 25 cm Dmr.

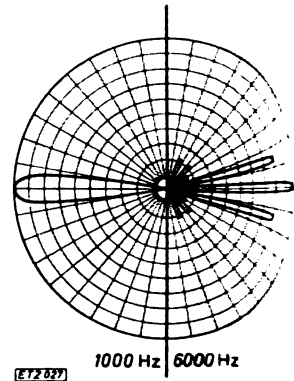


Bild 4. Richtkennlinien einer geraden Gruppe mit 6 Konuslautsprechern ( $l = 150$  cm).

Richtlinien für  $l = 150$  cm für verschiedene Frequenzen angegeben (1000 und 6000 Hz). Auf die Darstellung der akustisch belanglosen Nebenmaxima ist in allen Abbildungen zu Gunsten der besseren Übersichtlichkeit verzichtet worden. Man erkennt, daß die Bündelung mit zunehmender Frequenz immer schärfer wird, so daß selbst bei geringfügiger Entfernung des Hörers aus der Hauptabstrahlrichtung störende Klangfarbenänderungen, insbesondere ein starker Verlust an hohen Frequenzen eintreten, so daß eine solche Anordnung für die Praxis nicht als brauchbar bezeichnet werden kann.

Nachdem es so zunächst ziemlich aussichtslos schien, zu einem praktisch brauchbaren Erfolg zu kommen, wurden in den Telefunken-Laboratorien umfangreiche Versuche mit Strahlergruppen aus Konus-Lautsprechern vorgenommen, die zu der bekannten Telefunken-Strahlergruppentechnik führten<sup>3</sup>.

Hierbei ergaben sich überraschende neue Gesichtspunkte, die in den bisherigen Veröffentlichungen noch nicht mit der nötigen Klarheit herausgestellt worden sind. Ein Konuslautsprecher hat die Eigenschaft, im Bereich der hohen Frequenzen vorwiegend von dem inneren Teil der Membran aus abzustrahlen. Vor allem für hohe Frequenzen ist die Gruppe also nicht mehr „dicht besetzt“, sondern mit diskreten, in bestimmten Abständen angeordneten Schallquellen belegt, die noch dazu infolge ihrer geringen räumlichen Ausdehnung

wäre. Der durch Verwendung der Konuslautsprecher erzielte Fortschritt ist deutlich zu erkennen. In der Praxis tritt der genannte Effekt wegen der unvermeidlichen Ungleichmäßigkeit der einzelnen Lautsprechersysteme in bezug auf Phase und Amplitude bei hohen Frequenzen noch stärker zu Gunsten der Anordnung mit Konuslautsprechern hervor.

Erst die praktische Anwendung dieser hier nur kurz angedeuteten neuen Erkenntnisse macht die Strahlergruppentechnik für die Zwecke der Elektroakustik brauchbar.

### Messeheft 1952 der ETZ

Heft 9 der ETZ 73 (1952) erscheint am 27. April 1952 als verstärktes Sonderheft zur Technischen Messe in Hannover. Es soll dem Messebesucher die Übersicht über das auf dem Gebiet der Elektrotechnik Gebotene erleichtern und die ETZ-Leser auf besonders gute und erfolgreiche technische Lösungen hinweisen.

Die Aussteller der Messe werden aufgefordert, über neue wichtige Erzeugnisse ihrer Fabrikation, soweit sie in Hannover gezeigt werden, einen kleinen Originalbericht (Prospekte oder Aufzählungen der ausgestellten Gegenstände) sowie vervielfältigte Texte, die auch anderen Zeitschriften zugehen, können in der ETZ nicht berücksichtigt werden. Die Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Postfach 114, einzusenden. Die Schriftleitung ist für möglichst frühzeitige Einsendung dankbar und setzt den **Einsendeschluß** auf den **29. Februar 1952** fest.

Die Schriftleitung

<sup>1</sup> Vgl. z. B. F. Spandöck: ETZ 72 (1951) S. 101; dort auch ausführliche Literaturangaben.

<sup>2</sup> H. Stenzel: Elektr. Nachr. Techn. 4 (1927) S. 239.

<sup>3</sup> H. Benecke u. S. Sawade: Funkpraxis 1949, H. 6 und 7.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.311 (44)

**Kraftwerkpläne in Frankreich.** [Nach L'Usine Nouvelle 1951, Nr. 8, S. 19.]

Die Erzeugung elektrischer Energie ist in Frankreich im Jahre 1950 mit 33 130 Mio. kWh um fast 10% im Vergleich zum Vorjahre gesteigert worden. Der größte Produzent ist das Konsortium „Electricité de France“, das 21 230 Mio. kWh lieferte, während auf die anderen Kraftzeuger (Eisenbahngesellschaften, Rhone-Gesellschaft, Kohlengruben) 11 900 Mio. kWh entfielen. Die befriedigende Versorgungsmöglichkeit des Landes mit elektrischem Strom ist zu einem erheblichen Teil günstigen Umständen zuzuschreiben, wie einer regenreichen Periode, einem milden Winter und einer mäßigen industriellen Tätigkeit. Man ist sich deshalb der Tatsache bewußt, daß ein großzügiger Ausbau der bestehenden und die Errichtung neuer Kraftwerke nötig ist, und zwar gilt dies in gleichem Maße für die Wasser- als auch für Wärmekraftwerke.

Die geplanten Arbeiten allein an Wasserkraftwerken sehen für 1951 einen Zuwachs von 1820 Mio. kWh vor, sie verteilen sich auf Werke am Rhein, in den Alpen, Pyrenäen und im Massif Central. Der Bau der Sperre in Ottmarsheim am Rhein bildet den zweiten Bauabschnitt des 1948 begonnenen großen Elsaß-Kanals, dessen Erzeugung nach seiner Fertigstellung sich auf jährlich 6 Mia. kWh belaufen wird. Insgesamt sind hier 7 Werke geplant von etwa gleicher Leistung. Außerdem wird im Verlaufe des Winters 1951/52 eine Ableitung für die Aufrechterhaltung der Schifffahrt ihrer Bestimmung übergeben werden, während ein Teil des Kraftwerkes von Ottmarsheim 1952, der Rest 1953 fertiggestellt sein wird. In den Alpen entstehen Kraftwerke in den Tälern der Haute-Isère, Haute-Maurienne und der Arve, und zwar handelt es sich im Isère-Tal um die Kraftwerke zu Brévières (vorgesehene Jahreserzeugung 158 Mio. kWh), zu Malgouvert (461 Mio. kWh), zu Aiguebelle, wo ein Tunnel von 11 700 m zu bohren ist (450 Mio. kWh) und zu Vanelle (147 Mio. kWh). Die Tiefbauarbeiten schreiten hier überall fort, so daß die Stromerzeugung zum Teil 1952, zum Teil 1953 aufgenommen werden kann. Das Werk zu Vanelle ist bereits zum größten Teil in Tätigkeit, der Rest folgt noch 1951. Im Tal der Haute-Maurienne wird die Jahreserzeugung von jetzt schon 1 Mia. kWh durch das Kraftwerk zu Aussois noch um mehr als 300 Mio. kWh gesteigert werden, während das Werk zu Passy im Arve-Tal noch im Verlaufe des Jahres 1951 die Stromerzeugung mit einer Jahresleistung von 310 Mio. kWh aufnehmen soll. In den Pyrenäen wird eine Wasserreserve in 2160 m Höhe aufgespeichert, die auch bei der trockenen Jahreszeit die Kraftwerke zu Pragnères und Luz mit Wasser versorgen wird. Die Leistungsfähigkeit dieser Werke wird 171 und 73 Mio. kWh betragen. die des Werkes von Gèdre 90 Mio. kWh. Das Werk zu Aston im Ariège-Tal (ebenfalls in den Pyrenäen) nutzt ein Gefälle von 500 m aus und wird auf eine Jahreserzeugung von 320 Mio. kWh eingestellt, während ein kleineres Werk zu Pebernat 50 Mio. kWh liefern wird. Im Massif Central entstehen Werke im Tale der Dordogne (Werke zu Bort mit 1650 Mio. kWh, zu Chastang mit 540 Mio. kWh), im Tale der Vienne, wo ein unterirdisches Werk zu Peyrat mit 110 Mio. kWh-Jahreserzeugung entsteht, im Tale de Vézère (Werk zu Treignac mit 88 Mio. kWh), im Tale der Truyère (Werk zu Couscous mit 220 Mio. kWh), im Tal der Maronne (Werk zu Enchanet und zu Saint-Genez von 57 Mio. kWh), im Tale des Lot (Talsperre zu Temple mit 86 Mio. kWh), im Tale der Aveyron (Werke zu Pouget und Alrance mit insgesamt 284 Mio. kWh). Ein Teil all dieser Werke ist bereits während des Jahres 1951 angelaufen.

Bezüglich des Ausbaues der Wärmekraftwerke wurde für das Jahr 1951 mit einem Zuwachs von 450 000 kW gerechnet. Im Pariser Bezirk befinden sich die letzten Kessel des Großkraftwerkes zu Gennevilliers in der Aufstellung. Mit der Fertigstellung der Arbeiten ist noch in diesem Jahre zu rechnen, sie umfassen insbesondere den Bau von zwei Hochdruck-Gruppen zu je 100 000 kW. Die Kraftzentrale von Saint-Denis wird um 60 000 kW erweitert, während die Kraftzentrale von Arrighi stufenweise um zwei Einheiten von

100 000 kW vergrößert werden soll. Die erste davon, die sofort in Angriff genommen wird, erhält eine Gruppe von 100/110 000 kW für Dampfspeisung mit 89 atü, 520 °C durch einen Kessel von 450 t/h Dampfleistung, sie soll während des Winters 1952/53 in Betrieb genommen werden. Die zweite Stufe, die etwas stärker sein soll, wird anschließend errichtet werden. Nach Fertigstellung rechnet man mit einer Jahresstromerzeugung von 200 Mio. kWh. In Nordfrankreich arbeitet das Wärmekraftwerk zu Louches bereits zu einem Teil, der zweite Teil ist im Aufbau begriffen und wird noch im Verlaufe des Jahres 1951 betriebsbereit sein. In der Normandie arbeitet auf dem Wärmekraftwerk zu Dieppedalle eine Gruppe von 50 000 kW seit Herbst 1949, die zweite Gruppe ebenfalls von 50 000 kW macht in der Aufstellung der Kessel und des Wechselstromerzeugers schnelle Fortschritte. Auch in Yainville (ebenfalls Normandie) geht man stufenweise vor derart, daß die erste Gruppe im Herbst 1950 betriebsbereit war, während die Aufstellung der zweiten Gruppe von der Lieferung der Kessel und elektrischen Einrichtungen abhängt. Immerhin erwartet man ihre Fertigstellung bis zum Ende des Jahres 1951. In Westfrankreich wurde das Kraftwerk zu Nantes-Chevire für eine Gesamtleistung von 500 000 kW vorgesehen. Die erste, Anfang 1950 in Auftrag gegebene Gruppe wird zwei Wechselstromerzeuger zu 50 000 kW umfassen, während die weiteren Gruppen zu 100 000 kW mit einem oder zwei Kesseln je Gruppe in Abhängigkeit von den Erfahrungen folgen werden. Die erste Gruppe kommt im Herbst 1952 in Betrieb, die zweite sechs Monate später.

Kps

DK 621.311.21 (44)

**Der Vollausbau der Wasserkräfte des Ossau-Tales und des Biouss-Wasserfalles.** [Nach M. H. Chama you: Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 459; 10 S., 6 B., 1 Taf.]

Die Erschließung der reichen Wasserkräfte des Ossau-Tales am Nordhang des Pic du Midi (westliche Pyrenäen) wurde 1925 ... 1929 mit dem Bau der Kraftwerke Le Hourat, Miegebat und Artouste in Angriff genommen. Als Jahrespeicher stand zunächst nur das natürliche Becken des 2000 m ü. M. gelegenen Artoustesees zur Verfügung (Bild 1).

Nach Übernahme der Anlagen durch die Société nationale des Chemins de fer français (S. N. C. F.) wurde in den Jahren 1940 ... 1947 der 1240 m ü. M. gelegene Fabrèges-Jahresspeicher mit 6,7 Mio m<sup>3</sup> nutzbarem Wasserinhalt angelegt, der über ein Gefälle von 105 m das vollautomatisch betriebene Kraftwerk Fabrèges speist. Anfang 1950 wurde in diesem Kraftwerk noch eine Pumpanlage in Betrieb genommen, die in lastschwachen Zeiten das Rückspeichern von Wasser in den Fabrèges-Speicher gestattet. 1947/48 wurde am Fuße der Sperrmauer des Artoustesees anstelle eines bis dahin zum Ausgleich des Druckunterschiedes zwischen dem Seespiegel und dem Freispiegelstollen zum Kraftwerk notwendigen Energievernichters ein kleines, bedienungsloses Kraftwerk und eine Pumpanlage errichtet, die wahlweise die Ausnutzung dieses Gefälles oder das Rückstauen von Wasser in den Artoustesee gestalten.

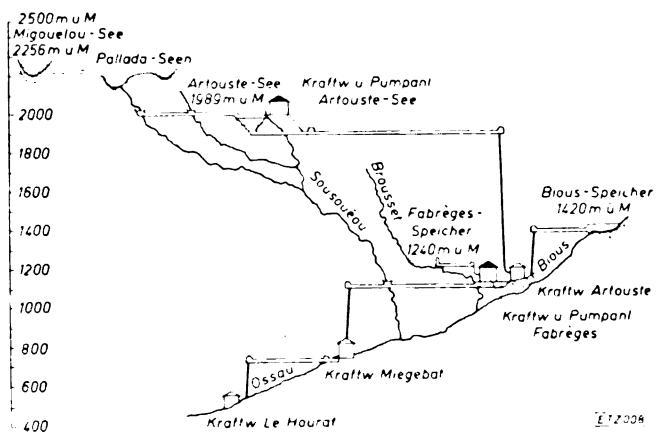


Bild 1. Die Kraftwerksanlagen des Ossau-Tales.

Als Abschluß der Wasserkraftausnutzung des Ossau-Tales blieb schließlich noch die Erfassung des Biou-Baches und damit zusammenhängend das Anlegen eines weiteren 1420 m ü. M. gelegenen Jahresspeichers. Die vorliegende Arbeit befaßt sich hauptsächlich mit den baulichen Einzelheiten dieser Anlage.

Die Arbeiten zerfallen in 2 Abschnitte. Zunächst wurde das Wasser des Biou-Baches und zweier Nebenbäche behelfsmäßig zusammengefaßt und dem Kraftwerk Artouste zugeleitet, während die Sperrmauer für den Biou-Speicher erst später errichtet werden soll.

Im Zuge der Wasserzuführung zum Kraftwerk ist vor allem die Erstellung eines über 3 km langen Felsstollens mit 4 m<sup>2</sup> Querschnitt von Interesse. Um ähnliche Schwierigkeiten zu vermeiden, wie sie nach dem Füllen des Stollens vor dem Kraftwerk Olette in den östlichen Pyrenäen infolge Zerbröckeln des Gesteins aufgetreten waren, wurde der aus schieferigen und kalkhaltigen Schichten bestehende Stollen auf mehr als 3/4 Länge mit Beton ausgekleidet. Zum Prüfen des nicht ausgekleideten Teiles des Stollens auf Dichtheit des Gesteins wurde ein über 400 m langer, beiderseits abgeschlossener Abschnitt mit 4 kg/cm<sup>2</sup> unter Druck gesetzt.

Das Biou-Wasser wird in einem für 4 m<sup>3</sup>/s und rd. 250 m Gefälle bemessenen, im Artouste-Kraftwerk zusätzlich aufgestellten 10 MVA-Maschinensatz verarbeitet. Die Anlage kam im März 1950 in Betrieb.

Tafel 1.

Kraftwerk	Nettogefälle bei Vollastbetrieb m	Fassungsvermögen d. Jahresspeicher m <sup>3</sup>	Höchstleistung MW	mittlere Jahresarbeit Mio. kWh
Artouste	746	23,5 · 10 <sup>6</sup>	24	35
Miegebat	380		40	165
Le Hourat	204		36	135
Fabriges	105	6,7 · 10 <sup>6</sup>	9	20
Artousteace	25 bis 70		2,2	2,5
Biou	245	6,7 · 10 <sup>6</sup> (Projekt)	9	25

Die aus 6 Stromerzeugungsanlagen, 3 Jahresspeichern und 2 Pumpsanlagen bestehende Ossau-Kraftwerksgruppe (s. Tafel 1) stellt mit 120 MW Spitzenleistung und 380 Mio kWh mittlerer Jahresarbeit ein interessantes Beispiel der Ausnutzung von Wasserkraften dar, deren Wasserdarbringung besonders großen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt.

Mr

DK 621.311.21

**Ausbau der Wasserkraft in Königswusterhausen.** [Nach A. Schönbach: Energietechnik 1 (1951) S. 69; 4 S., 6 B., 1 Taf.]

Der Nottekanal bei Königswusterhausen enthält eine Wasserkraft, die bereits vor Jahrhunderten durch Wassermühlen nutzbar gemacht wurde. Später wurden dort Wasserräder und danach eine sogenannte Kombinationsturbine für die durchschnittliche Nutzfallhöhe von 1,50 m Höhe und die höchste Wassermenge von 2,50 m<sup>3</sup>/s eingebaut. Neuerdings wurde zur Nutzbarmachung eine Kaplansturbine gebaut, die auf der Frühjahrsmesse 1951 in Leipzig ausgestellt war. Die Turbine wird über ein Preßölgetriebe und ein waagrechtes Vorgelege eine Mühle und einen noch eingebauten Generator antreiben. Sie hat 1,40 m Laufraddurchmesser, 18 Leiterschaukeln, 4 Laufschaufeln und 725 U/min als spezifische Drehzahl, ist mit Innenregelung ausgestattet und liefert an ihrem Vorgelege eine Jahresarbeit von etwa 260 000 PSh, das sind etwa 77% mehr als die frühere Kombinationsturbine vom Jahre 1879. Hieran wird der Fortschritt im Bau von Wasserturbinen ersichtlich. Die Kosten der aus dem Wasser gewonnenen Energie betragen nur etwa 1/4 der aus dem Überlandnetz bezogenen.

ts

DK 621.311.17 (94)

**Die Baukonstruktionen des Osborne-„B“-Kraftwerks.** [Nach W. H. James: J. Instn. Engrs. Austr. 22 (1950) S. 257; 12 S., 12 B.]

Der Bau des neuen Osborne-„B“-Kraftwerks, das in Anlehnung an das bestehende „A“-Kraftwerk zwischen diesem und den I. C. I. Alkali (Austr.)-Werken auf der Lefevre-Halbinsel gelegen ist, war durch die „Adelaide Electric

Supply Company Ltd.“ beschlossen worden, um dem wachsenden Strombedarf in Süd-Australien Rechnung zu tragen, da dieser in kurzer Zeit die Leistung des 79 MW-„A“-Kraftwerks in Osborne überstiegen hat. Das „B“-Werk soll im Endausbau mit 6 Stück 30 MW-Turbosätzen 180 MW leisten, von denen zunächst 3 Einheiten mit den zugehörigen 6 Dampf-kesseln aufgestellt werden. Das Werk besteht im wesentlichen aus einem einreihigen Kesselhaus, einem parallel dazu anschließenden Hilfsmaschinenhaus und einem parallel daneben liegenden Turbinenhaus, in dem die Maschinensätze hintereinander in seiner Längsachse aufgestellt sind. Der Aufsatz enthält in erster Linie nähere Angaben, Berechnungen, Einzelheiten und Zeichnungen der verwendeten Baukonstruktionen, der Pfahlgründungen, Fundamente, Wände, Dächer, Kohlenbunker, Trägerbelastungen, Kühlwasser-Versorgungsanlagen usw. — Daten über die Dampfkessel, Turboaggregate, elektrischen Einrichtungen usw. sind nicht angegeben, so daß der Bericht vor allem für alle diejenigen Ingenieure von Interesse ist, die sich mit der Planung des baulichen Teiles großer Dampfkraftwerke befassen. Vo

DK 621.311.21 (7)

**Neue Maschinensätze in der Dennison-Dam-Anlage.** [Nat. Power 95 (1951) H. 1, S. 138.]

Am Red River wurde eine neue Wasserkraftanlage für Energieerzeugung und Wasserregelung erbaut. Ein Erdbecken von 7 km Breite und 50 m Höhe speichert den Fluß und bildet ein Becken von 7,4 Mia. m<sup>3</sup> (6 Mio. acre ft). Aufgestellt sind 5 Maschinensätze mit je 42 MW, 90 U/min, für 23...40 m Gefälle. Die Francis-Turbinen mit 4,9 m Laufraddurchmesser und 70 t Gewicht, in einem Stück gegossen, gehören zu den größten dieser Art auf der Welt. Gr

DK 621.311.331

**Kritische Bemerkungen zu den letzten Strompreiserhöhungen**

Die Hochspannungstarife, welche die EVU allgemein festsetzen oder mit größeren Abnehmern im Einzelfall vereinbaren, enthalten meist Rabatte verschiedener Art für gute Benutzungsdauer, für guten Leistungsfaktor, für steigende Abnahme usw. Sie sind sorgfältig erdacht und tendieren dazu bei, einen gerechten Strompreis zu schaffen und beeinflussen also die Stromkosten im Endergebnis erheblich. Man sollte darauf bedacht sein, daß sie nicht unwirksam werden. Auch die durch die vertraglichen Kohlenklauseln bedingten Zuschläge unterliegen durchweg diesen Rabatten.

Diese Kohlenklauseln, die auch heute noch in neuen Verträgen aufgenommen werden, als ob nichts geschehen wäre, sind nun allerdings seit 1936 außer Funktion. Sie dessen erfahren seit der Währungsreform die Strompreise ihre — wie zugestanden werden muß — unumgängliche Erhöhungen auf Grund einzelner Ausnahmegenehmigungen, meist jedoch mit der Maßgabe, daß auf die darin zu billigten sog. Teuerungszuschläge die vertraglichen Rabatte nicht gewährt zu werden brauchen. Das bedeutet eine Verwässerung und Verschlechterung der sorgsam und mühsam ausgeklügelten Tarife. Setzt sich z. B. der Strompreis aus einem Leistungspreis und einem Arbeitspreis zusammen und werden auf letzteren Rabatte für steigende Menge und guten Leistungsfaktor gewährt, dann wurde bisher die ganze Arbeitspreis den Rabatten zugrunde gelegt, neuerdings werden jedoch die seit der Währungsreform eingeführten Teuerungszuschläge vom Rabatt ausgenommen. Der Arbeitspreis setzt sich also in solchem Falle aus 2 Teilträgern zusammen, von denen der eine mit Rabatten bedacht wird, der andere, durchaus beachtliche, dagegen nicht. Für den Abnehmer wird dadurch der Anreiz, sich durch Beeinflussung seiner Abnahmeverhältnisse Rabatte zu verdienen, verringert, und das um so mehr, je größer bei steigenden noch steigenden Erzeugungskosten — was wir nicht wünschen wollen — der den Rabatten nicht zugrunde liegende Teilbetrag wird. Daneben wird der Abnehmer verärgert, wenn er sieht, wie die Rabatte unwirksam werden. Andererseits werden zum Nachteil der EVU die Zuschläge für schlechten Leistungsfaktor auch abgeschwächt.

Angesichts dessen sollte man erwägen, ob nicht die Teuerungszuschläge so bemessen werden könnten, daß die vertraglichen Rabatte vertragen und sich damit besser in die bestehenden Verträge einfügen. Der von Rabatten ausgenommene Teuerungszuschlag stellt eine Art Fixkörper im Tarif dar.

Vereinzelt wurde nicht der Arbeits-, sondern der Leistungspreis und damit der Anreiz zu hoher Benutzungsdauer erhöht, eine Maßnahme, die gar nicht so ohne weiteres von der Hand zu weisen ist.  
L. Moldenhauer

Netze und Leitungen

DK 621.311.044

Über bemerkenswerte Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen. [Nach Ch. Bresson: Cigre-Ber. 1950, Nr. 104; 18 1/2 S., 11 B.]

Der Bericht befaßt sich mit den Schaltvorgängen und insbesondere Überspannungen, die bei der Leerabschaltung von Umspannern<sup>1</sup> und Hochspannungsleitungen<sup>2</sup> und beim asynchronen Zusammenschalten der Netze auftreten. Umfangreiche Versuche mit einem Umspanner von 31 MVA, 8,8/150 kV,  $\Delta/\Delta$ , der leerlaufend 150 kV-seitig mit einem ölarmen Schalter, d. h. mit „brutaler“ Lichtbogenlöschung, bei geerdetem (30 Versuche) und ungeerdetem (37 Versuche) Sternpunkt auf der 150 kV-Seite, abgeschaltet wurde, ergaben nach den dabei aufgenommenen Oszillogrammen für die Leerabschaltung in der Hauptsache: 1. bei geerdetem Sternpunkt: Unterbrechung in den 3 Phasen nacheinander im Abstände mehrerer Halbwellen, größte Überspannung in der zuletzt unterbrochenen Phase, Überspannungsfaktor (Verhältnis der Überspannungsamplitude zum Scheitelwert der Phasenspannung) rd. 2,4; 2. bei isoliertem Sternpunkt: Unterbrechung der 3 Phasen fast gleichzeitig, größte Überspannung in der zuletzt unterbrochenen Phase, Überspannungsfaktor rd. 3,6, Anheben der Spannung des Nullpunktes bei jedem Nulldurchgang der Phasenströme. Bei allen Versuchen überlagerte sich der 150 kV-Sammelschienspannung im Augenblick der Abschaltung eine stark gedämpfte Schwingung von 2800 Hz mit einer Amplitude bis zu 20% der Phasenspannung.

Die an den Leistungsschaltern bisher verwendeten Vorstufenwiderstände<sup>3</sup> haben zwar scheinbar genügende Schutzwirkung; sie komplizieren aber die Schalter, gefährden als Innenwiderstände von Ölschaltern deren Betriebssicherheit und schützen vor allem nur indirekt. Nach Art der festgestellten Schaltüberspannungen sind zu ihrer sicheren Ableitung Parallelwiderstände, möglichst spannungsabhängige, zwischen Phase und Erde zu verwenden. Ihre Einschaltung erfolgt entweder durch Vorkuntenstrecken (bei Auftreten der Überspannungen) oder durch mittels der Leistungsschalter gesteuerte Hilfstromschalter (bei Leerabschaltung oder jeder Abschaltung des Umspanners), ihre Ausschaltung durch die genannten Hilfstromschalter in Verbindung mit Stromrelais. [Anm. d. Ber.: Die vorgeschlagene Anordnung für das Ein- und Ausschalten der parallelen Ableitwiderstände ist zu kompliziert; sie erklärt sich durch ihre Anwendung für den im Bericht behandelten ölarmen Leistungsschalter. Von deutschen Fachleuten ist vor längerer Zeit eine wesentlich einfachere Anordnung angegeben worden.]

Abschaltversuche an leerlaufenden Hochspannungsleitungen ergaben als Überspannungsfaktoren auf der Leitungsseite 2...2,7, auf der Sammelschienseite 2...2,85, so daß auch für diese Fälle die vorgeschlagenen Parallelwiderstände sich hervorragend zur Ableitung der Schaltüberspannungen eignen. [Am. d. Ber.: Bei der Kurzschlußfortschaltung bewirken so ausgerüstete Schalter vorteilhafterweise zugleich eine Kurzerdung der kurzschlußbehafteten Leitung.]

Zur Vermeidung der Schalterbeanspruchungen, die bei der Kurzschlußfortschaltung durch das dabei mögliche asynchrone Wiederzusammenschalten der Netze eintreten können, schlägt der Bericht vor, die Kurzschlußfortschalter mit getrennten Schaltelementen für das Aus- und Wiedereinschalten auszurüsten.  
SchA

<sup>1</sup> vgl. auch Techn. Mitt. Nr. 76 v. 19. 4. 1937 der Studienges. f. Höchstspannungsanl.; VDE-Fachber. 7 (1935) S. 32; Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 35 (1944) S. 560; Cigre-Ber. Nr. 116/1950

<sup>2</sup> vgl. auch VDE-Fachber. 7 (1935) S. 35; AEG-Mitt. 33 (1943) S. 21; Cigre-Ber. Nr. 141/1948; Tekn. T. 79 (1949) S. 915; außerdem A. Roth: Hochspannungstechnik. 3. Aufl. Springer-Verl., Wien 1950; S. 366.

<sup>3</sup> vgl. auch ETZ 61 (1940) S. 1192; Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 653; J. Instn. Electr. Engrs. 91 (1944) S. 483; 94 (1947) S. 351; Electr. Engng. 60 (1941) S. 525; Rev. gén. Electr. 59 (1950) S. 431; Bull. Montefiore 61 (1948) S. 289; Energia elettr. 25 (1948) S. 99. R. Rüdtenberg: Elektr. Schaltvorgänge. Verl. J. Springer, Bln. 1933. J. Saint Germain: Les appareils électriques connecteurs et déconnecteurs. Verl. Gauthier-Villars, Paris 1949, S. 343. A. Mau-duit: Installations électriques à haute et basse tension. Bd. II. Verlag Dunod, Paris 1950. S. 574.

DK 621.315.1.015.33/34 : 551.594.221 (73/79)

Das Verhalten der Höchstspannungs-Übertragungsleitungen Hoover Dam — Los Angeles bei Gewittern. [Nach E. W. Rockwell, C. Lowerison u. C. P. Garman: Electr. World 133 (1949) S. 69; 3 S., 4 B., 2 Taf. und T. M. Blakeslee u. E. L. Kanouse: Electr. Engng. 69 (1950) S. 706; 3 S., 5 B.]

Die im Hoover Dam-Kraftwerk am Coloradofluß erzeugte Energie (installierte Leistung über 1 Mio. kW) wird größtenteils in dem über 400 km entfernten Südkalifornien verbraucht. Als Übertragungsanlagen verschiedener Energieversorgungsgesellschaften dienen 3 Leitungen mit 287,5 kV, 2 Leitungen mit 220 kV und eine Leitung mit 230 kV Betriebsspannung. Bild 2 zeigt den Verlauf dieser 6 Leitungen.

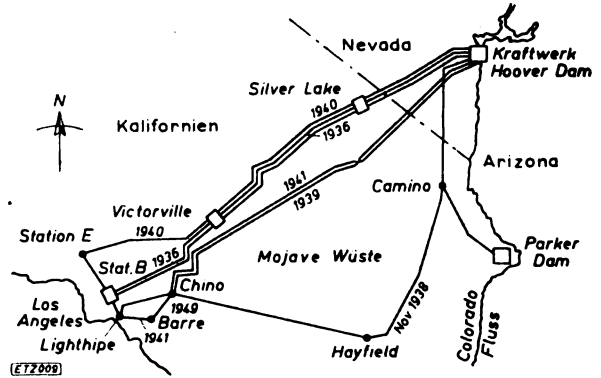


Bild 2. Die Leitungen zwischen Hoover-Dam und Los Angeles.

Die drei 287,5 kV-Leitungen sind von Hoover Dam bis zur Station Victorville als Einfachleitungen in rd. 80 m Abstand nebeneinander geführt. Von der Station Victorville weg sind 2 Stromkreise als Doppelleitung nach Los Angeles zur Station B geführt, während ein Stromkreis auf getrennter Trasse als Einfachleitung nach Los Angeles zur Station E verläuft. Von den etwa auf Meereshöhe gelegenen Stationen B und E weg überschreiten die Leitungen zunächst eine 1200 m hohe Bergkette, durchqueren dann die 500...700 m ü. M. liegende Mojawewüste, um schließlich nach Überschreiten der südlichen, bis 1500 m hohen Ausläufer der Sierra Nevada die etwa 600 m ü. M. gelegene Schaltstation beim Hoover Dam-Kraftwerk zu erreichen. Die Zahl der jährlich auftretenden Gewitter schwankt zwischen 5 in der Umgebung von Los Angeles und 30 in der Nähe von Hoover Dam, im Durchschnitt liegt sie bei 15.

Die beiden, ebenfalls als Einfachleitungen nebeneinander geführten 220 kV-Leitungen laufen in gleicher Richtung wie die 287,5 kV-Leitungen. Die 230 kV-Einfachleitung verläuft dagegen von Hoover Dam weg zunächst in südlicher Richtung bis zur Station Hayfield und hat von hier weg eine Fortsetzung in der nach Chinatown führenden 220 kV-Leitung. Sie dient neben der Versorgung umfangreicher Bewässerungsanlagen in Südkalifornien auch der Baustromversorgung des künftigen Kraftwerkes Parker Dam.

Von den den Gesellschaften verwendeten Masten unterscheiden sich zwar in ihrer Konstruktion und in den Abmessungen, haben aber, soweit es sich um Einfachleitungen handelt, gleiche Anordnung der 3 Stromleiter in einer Ebene mit 2 darüberliegenden Erdseilen. Bild 3 zeigt den normalen Tragmast der 287,5 kV-Leitungen.

Die Isolation der 287,5 kV-Leitungen besteht aus 24 Kappenisolatoren mit 5" Baulänge und 10" Schirmdurchmesser, die der 220 kV-Leitungen aus 15 und die der 230 kV-Leitung aus 13 Kappenisolatoren der Größe 5 1/4" x 10". Der Isolationspegel ist im Hinblick auf die in allen 3 Netzen angewendete starre Sternpunktserdung als hoch anzusprechen, insbesondere gilt dies für die 287,5 kV-Leitungen.

Um gute Erdungen zu erreichen, wurden bei den 287,5 kV-Leitungen überall zwei durchgehende Bodenseile aus Kupfer verlegt. Die Ausbreitungswiderstände der Masten konnten dadurch von 1...150 Ω vor Verlegen der Bodenseile auf 0,4...1 Ω (i. M. 0,8 Ω) nach dem Verlegen verbessert werden. Für die 220 kV-Leitungen waren nach der Messung der Ausbreitungswiderstände bei 30% aller Masten Erdungsverbesserungen nur bei 6% der Masten erforderlich. Durch Verlegen von je 2 Strahlenerdern, von denen jeder aus vier 61 m langen Strahlen aus verzinkten Eisenseilen

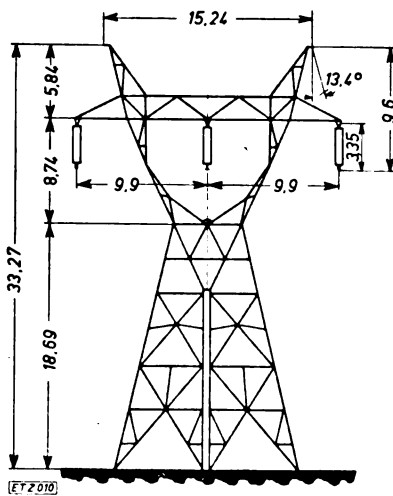


Bild 3. Tragmast für 287,5 kV.

$\frac{1}{2}$ " Durchmesser besteht, konnte der 100 und mehr Ohm tragende Ausbreitungswiderstand dieser 54 Masten auf einen Mittelwert von  $9,3 \Omega$  gesenkt werden. Für die 230 kV-Leitung hielt man ein Herabsetzen der Mastausbreitungswiderstände durch zusätzliche Erder nicht für erforderlich. Aus wirtschaftlichen Gründen hatte man zunächst sogar auf Erdseile verzichtet. Dies konnte trotz der geringeren Betriebssicherheit verantwortet werden, weil die Leitung in den ersten Betriebsjahren nur die eigenen Pumpsanlagen in Südkalifornien versorgte, bei denen infolge großen Fassungsvermögens der Wasserspeicher öftere Unterbrechungen der Stromversorgung in Kauf genommen werden konnten.

Über das Verhalten der Leitungen bei Gewitter berichten die Gesellschaften folgendes:

Für die Versorgung der Stadt Los Angeles wurde von Anfang an eine größtmögliche Sicherheit der Übertragungsleitungen angestrebt und aus diesem Grunde durch Auflegen von 2 Erdseilen, durch Wahl eines besonders hohen Isolationspegels und durch Herabsetzen sämtlicher Mastausbreitungswiderstände mittels durchgehender Bodenseile für eine hohe Gewitterfestigkeit gesorgt. Der Erfolg ist nicht ausgeblieben: In den ersten 13 Betriebsjahren sind nur 3 Betriebsunterbrechungen aufgetreten, die wahrscheinlich mit Blitzschlägen in Zusammenhang stehen. Dies entspricht einer Ausfallzahl von 0,045 je 100 km Streckenlänge und Jahr oder 0,02 je 100 km Stromkreislänge und Jahr. Neben Stahlstäben an gewissen Punkten der Leitung sowie Klydonografen an allen Überspannungsableitern und Blitzauffangstangen mit Schmelzstreifen in den Stationen sind bei sämtlichen Freileitungsmasten an den Anschlußstellen der Bodenseile an die Mastestiele Funkenstrecken mit 1,6 mm Schlagweite eingebaut, die beim Abfließen eines Blitzstromes durch Hinterlassen von Schmelzperlen auf der aus Messing bestehenden Oberfläche der Bodenseilelektrode einen zuverlässigen Hinweis auf einen stattgefundenen Blitzeinschlag geben. Mit dieser Methode konnte festgestellt werden, daß die 287,5 kV-Leitungen in  $12\frac{1}{2}$  Betriebsjahren über 2000mal von Blitzschlägen getroffen wurden, ohne daß es zu rückwärtigen Überschlägen auf die Leiterseile kam.

Bei den 220 kV-Leitungen kam es in den 10 Betriebsjahren 1939 bis 1948 zu 12 Leitungsunterbrechungen, was einer Ausfallzahl von 0,155 je 100 km Streckenlänge und Jahr entspricht. Obwohl diese Zahl höher ist als bei den 287,5 kV-Leitungen, so ist sie doch vom Betriebsstandpunkt aus noch völlig befriedigend. Angaben über die vermutliche Zahl der ohne Auswirkung auf den Betrieb aufgetretenen Blitzeinschläge fehlen.

Die 230 kV-Leitung wurde von 1939 bis 1942 ohne Erdseilschutz betrieben und erlitt in diesen 4 Jahren 118 Unterbrechungen durch Gewittereinwirkungen, was einer Ausfallzahl von 7,8 je 100 km Leitungslänge und Jahr entspricht. Nach dem Auflegen von 2 Erdseilen kam es in weiteren 6 Betriebsjahren nur zu 3 Betriebsunterbrechungen durch Gewittereinwirkung, was einer Ausfallzahl von 0,13 entspricht, d. h. die Ausfallzahl konnte durch das Auflegen der beiden Erdseile auf  $\frac{1}{60}$  des Wertes ohne Erdseile gesenkt werden. Dieses Ergebnis ist sehr wertvoll, weil in der Praxis wohl selten Gelegenheit ist, den Wert von Erdseilen an ein und

derselben Höchstspannungsleitung so überzeugend nachzuweisen. Im übrigen stimmt die Ausfallzahl dieser Leitung nach Auflegen der Erdseile praktisch mit der Ausfallzahl der 220 kV-Leitungen überein.

Wie amerikanischen Mitteilungen über die Planung von Leitungen mit noch höherer Betriebsspannung zu entnehmen ist, werden die Erfahrungen mit den Hoover Dam-Übertragungsleitungen als wertvoller Anhaltspunkt für die Isolationsbemessung und die Blitzschutzeinrichtungen angesehen.

DK 621.311.1 (44)

**Die neue Alpenleitung der ATEL.** [Nach R. Vögeli u. F. Leresche: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 42 (1950) S. 77; 5 S. 10 B.]

Die von der Aare-Tessin A.G., Olten (Schweiz), erbaute über den etwa 2500 m hohen Lukmanierpaß von Mettlen über Amsteg nach Lavorgo führende 380 kV-Leitung (vorläufig mit 150 kV betrieben) ist besonders deshalb interessant, weil als Gestänge nicht die bisher für solche Leitungen allgemein üblichen Masten aus Winkelstahl verwendet wurden, sondern solche aus mit Beton gefüllten Stahlrohren. Es handelt sich dabei um eine in den letzten Jahren von Mot. Columbus, Baden, entwickelte neue Bauart für Gittertragwerke. Rohre besitzen bekanntlich die für Knickbelastungen günstigste Querschnittsform. Freileitungsmaste aus Stahlrohren sind schon oft verwendet worden. Nachteilig war bei diesen Masten die oft nach einigen Jahren beobachtete Wasseransammlung im Innern der Rohre. Bei Frost sind häufig solche Rohre geplatzt. Durch das Ausbetonieren wird diese Gefahr beseitigt.

Außerdem wird durch ein in geeigneter Weise durchgeführtes Ausbetonieren die aufnehmbare Knickbelastung der Rohre wesentlich vergrößert. Der Stahlbedarf wird gering. Die Ersparnis gegenüber Winkelstahlgittermasten wird bis zur  $\frac{2}{3}$  des Stahlgewichtes angegeben. Die Stahlersparnis wird um so größer sein, je größer die aufzunehmenden Belastungen des Mastes und je größer die erforderlichen Stahllängen sind. Dies führte offenbar auch zu der für die Lukmanierleitung gewählten eleganten und statisch zweckmäßigen Gestängekonstruktion, welche von den allgemein bei Winkelstahlmasten angewendeten Gitterkonstruktionen abweicht. Das Rohr ist ein anderes Bauelement als das Winkelprofil. Dies ist in richtiger Erkenntnis bei den 50...67 m hohen, in Einzelteilen leicht zu transportierenden Masten dieser Leitung berücksichtigt worden.

Während die Gestänge der ganzen vorläufig mit 150 kV betriebenen Leitung für einen Betrieb mit 380 kV bemessen sind, wurden Isolatoren und Leiter vorläufig für 225 kV angelegt. Auf den Tragmasten wurden VK5 Motor-Vollkerisolatoren und auf den Abspannmasten Motor-Stabilisatoren verwendet. Bei späterem Übergang von 225 auf 380 kV wird die Anzahl der Isolatoren auf den Tragmasten von 6 auf 7 und auf den Abspannmasten von 3 auf 5 erhöht. Von Amsteg nach Lavorgo sind Aldreyseile 550 mm<sup>2</sup> und von Amsteg nach Mettlen Kupferseile 350 mm<sup>2</sup> verlegt. Die Erdseile aus Stahl haben 80 mm<sup>2</sup> Querschnitt, und 120 mm<sup>2</sup> in höheren Lagen als 2000 m ü. M. Beim Übergang auf 380 kV werden die Leiterseile gegen Kupferhohlseile von 46...60 mm Außerdurchmesser, je nach Höhenlage, ausgewechselt, falls sich dann nicht für Bündelleiter entschließen wird.

DK 621.315.21 : 621.311.11

**Neuartiges Verkabelungssystem.** [Nach J. S. Parsons und J. J. Stein: Electr. Wld. 134 (1950) S. 103; 4 S. 55 und S. 107; 1 S.]

Beim Aufschließen neuer Wohngebiete vor allem in Vorstädten soll ein System der Verkabelung, wie es in dieser Abhandlung näher beschrieben ist, die Kosten der Freileitungsversorgung nahezu erreichen. Es handelt sich dabei nicht um eine bei uns übliche Verkabelung in Verbindung etwa mit unterirdischen Transformatorenstationen, deren Kosten nach Angabe des Verfassers das 2- bis 6-fache einer Freileitungsversorgung betragen würden, sondern die Verlegung gummiisolierter Leitungen in Rohren und Errichten einer Reihe kleiner Transformatorenstationen zur Hälfte in die Erde versenkt das Landschaftsbild nicht einträchtigen. Die Verhältnisse sind dort besonders günstig, wo es sich um aufgelockerte Wohnbauweise und weitgehende Elektrifizierung der Haushalte handelt. Die Verkabelung ist einphasig gedacht.



Nach der Behandlung bekannter Vor- und Nachteile einer Verkabelung wird über die einphasige Versorgung mit einem Außenleiter und dem geerdeten Sternpunktsteiler eines 5 kV-Drehstromnetzes berichtet. Der nach Leitungsnorm Nr. 4 zweimal gummiisolierte Außenleiter und der weiterfest umhüllte Sternpunktsteiler werden demnach in 2"-Eisen oder 2"-Fieber- oder Asbestzementrohren verlegt und in die versenkten Transformatorstationen eingeführt. Unter deren Stahlblechhaube befinden sich der Transformator von 25 kVA-Leistung sowie zugehörige Sicherungen oder Schalter, die durch Überstrom oder Wärme auslösen. Daneben steht ein kleiner Schaltkasten für die Niederspannungsverteilung. Solche Kästen können auch versenkt oder oberirdisch entlang der Straße in den Leitungszug für weitere Hausanschlüsse eingefügt werden. Hier hat übrigens der Anschlußteilnehmer für die Errichtung und Unterhaltung der Anschlüsse selbst aufzukommen. Das EVU ist lediglich Eigentümer der Hochspannungs- und sekundären Hauptleitungen sowie der Transformatorstationen. Es ist nicht daran gedacht, etwa für stark belastete Geschäftsviertel usw. diese Versorgungsart anzuwenden, obwohl auch ein 3phasiges System für höhere Ansprüche in dieser Weise angewendet werden könnte. Auch ist es wirtschaftlich nicht gerechtfertigt, vorhandene Freileitungsnetze in dieser Weise umzustellen. Als besonderer Vorteil wird die auf einem Betonrahmen ruhende und mit abhebbarer Stahlblechhaube abgedeckte Transformatorstation angesehen. Sie ist genügend belüftet und Unbefugten nicht zugänglich. Sie kann durch Sträucher oder Gebüsch gut verdeckt werden.

Der Verfasser erörtert die möglichen und zweckmäßigen Netzschaltungen zum Erreichen der erforderlichen Betriebssicherheit; auf die Verwendung von Hilfsleitungen für den Störfall wird hingewiesen. Die gekennzeichnete Bauweise wird in den USA stark beachtet. Für deutsche Verhältnisse scheint sie weniger geeignet zu sein wegen der engeren Bebauung auch in Wohngebieten, der noch ungenügenden Elektrifizierung der Haushalte, weil einphasige Anschlüsse und Transformatoren nicht immer befriedigen und weil Schaltgeräte für höhere Nennspannung (keine feste Sternpunktterdung) zu bemessen sind. Zw

### Elektrische Maschinen

DK 621.513.824

**Stromerzeuger mit 19 000 U/min.** [Nach Pwr. Engng. 54 (1950) H. 12, S. 60; 2 S., 3 B.]

Während der letzten zwei Jahre wurde ein Versuchsgenerator nach dem Prinzip der Gleichpolmaschine von Faraday gebaut. Diese einzigartige Maschine besitzt Bürsten aus flüssigem Quecksilber, die Spulen bestehen aus massivem Kupfer. Die kupferne Schwungradscheibe wird durch einen Druckluftstrahl angetrieben, der sie mit 19 000 U/min umlaufen läßt. Der Luftstrahl trifft auf in den Rotor eingefräste Schaufeln. Der Läufer soll als Energiespeicher für ein Betatron für kernphysikalische Untersuchungen dienen. Die Maschine entwickelt im Zentrum der Scheibe von 14 cm Dmr. ein Magnetfeld von 4 000 Gauss, eine Stromstärke von 50 000 A bei 2,5 V. Die zwischen amalgamierten Oberflächen angeordneten Quecksilberkontakte übertragen eine Stromstärke von 10 000 A/cm<sup>2</sup> bei wenigen Mikrohm Widerstand e/cm<sup>2</sup>. Die Stromstöße dauern 0,33 s. Die Wirkungsweise ist ähnlich einer Entladung eines Hochleistungskondensators, dessen Energie sich in einem hohen Stromimpuls über eine Kurzschlußstrecke entlädt. In diesem Fall ist es die kinetische Energie der rotierenden Scheibe, die entladen wird. Die Scheibe besteht aus Beryllium-Kupferlegierung mit 98 % Cu und ist so zäh wie Werkzeugstahl.

Die maximale Feldstärke mit dieser Maschine ist nicht durch die Eisensättigung begrenzt (20 000 Gauss), sie könnte theoretisch noch höhere Werte erreichen, wenn kein Eisen benötigt wird.

Die einzige Begrenzung in der Leistung des Generators ist die Läuferdrehzahl. Die kritische Drehzahl liegt bei 5 000 U/min. Der Versuchsgenerator ist mit schweren Holzbohlen und Stahl umkleidet und mit einer besonderen Einrichtung zum Abzug giftiger Quecksilberdämpfe versehen. Im Gegensatz dazu steht der kleine Kompressor zur Erzeugung der Antriebsdruckluft.

Die Maschine wurde von Strough und Garwin entwickelt. Wenn sie als Betatron oder sonst in geeigneter Form zur Beschleunigung von Atomen benutzt werden kann, können zukünftig die teuren Kondensatorbatterien und großen Magnete mit ihrem riesigen Aufwand an Platz und Investitionskosten eingespart werden. Gr

DK 621.5.047.2

**Neue Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Kollektoren.** [Nach M. Andres: Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 41 (1950) S. 827; 3 S., 1 B.]

Während die elektromagnetischen Grundlagen der Stromwendung schon vor Jahrzehnten einen gewissen Abschluß erreicht haben, sind Berechnungsgrundlagen für die Mechanik des Kommutators noch keineswegs Allgemeingut der Konstrukteure geworden. Der Kommutator stellt ein elastisch vorgespanntes System dar; in ihm befinden sich Schrauben und Preßringe mit den Segmenten und Isolationsstegen im Gleichgewichtszustand, der durch die Kräfte und elastischen Dehnungen aller an der Einspannung beteiligten Elemente bestimmt ist. Beim Schwalbenschwanz-Kommutator findet die Kräfteübertragung nur an den beidseitigen Konusflächen statt. Als Beziehung zwischen Kraft und elastischer Dehnung kann das Hookesche Gesetz angenommen werden. Die durch Rotation und Erwärmung hervorgerufenen Kräfte lassen sich berechnen; hierbei ist zu berücksichtigen, daß der Elastizitätsmodul des vorgespannten Systems größer ist als der seiner Einzelteile. Preßbringspannung und Abnahme des Gewölbedruckes sind deshalb geringer als bei rein additiver Berücksichtigung der Fliehkräfte. Die Kommutatorteile sind so zu bemessen, daß bei den betriebsmäßig auftretenden Maximalkräften die Spannungen nirgends die Proportionalitätsgrenze überschreiten.

Die Kräftemittelpunkte an den beiden Übertragungsflächen beschreiben den natürlichen Atmungsweg des Kommutators, ein Rhomboid, dessen Eckpunkte durch die Lage der Kräftemittelpunkte in den 4 Grenzzuständen (Stillstand kalt, Lauf kalt, Lauf warm und Stillstand warm) gegeben sind. Zum stabilen Verhalten eines Schwalbenschwanzkommutators im ganzen Betriebsbereich gehört nicht nur vollkommene Elastizität seiner aktiven Teile, sondern auch völlige Unterdrückung der Gleitendenz durch die Haftreibung an den Konusflächen. Die Gleitsicherheit bestimmt somit die Mindestvorspannung, die der Kommutator bei der Herstellung erhalten muß.

Der Verfasser geht sodann auf den gleichnamigen Aufsatz von F. L. Laub<sup>1</sup> ein und weist darauf hin, daß die von Laub angenommenen Pressungen viel zu klein sind, um eine Gleitsicherheit zu gewähren. Ebenso sei die Elastizität des Kommutatorglimmers um eine Zehnerpotenz zu hoch angenommen. Kleine Abweichungen des Segmentwinkels können durch Formieren vor Bearbeitung der Segmente ausgeglichen werden; dabei könnten Pressungen angewandt werden, die beim nachträglichen Formieren mit Rücksicht auf Schrauben und Preßringe nicht zulässig wären. Bei einem Profilfehler von 10<sup>-3</sup> mm ergibt sich ein Verhältnis der inneren zur äußeren spezifischen Pressung von nur  $p_i/p_e = 1,02$  statt 47,8 nach Laub. Ein Nachschleifen der Segmentflanken erscheint somit bei Abweichungen innerhalb der genormten Toleranzen nicht gerechtfertigt. Indem Laub auch die Preßringausbiegung vernachlässigt und für die Glimmermanschetten einen 10 mal größeren Elastizitätsmodul einsetzt, gelangt er auf zu große Beanspruchungen des Spannbolzens. Die Berücksichtigung aller elastischer Formänderungen bei ausreichender Vorspannung ergibt Spannungen, die erfahrungsgemäß noch gut mit Stahlbolzen zu beherrschen sind.

Zrn

DK 621.873.7 : 621.34

**Deutscher dieselektrischer Schwerlast-Schwimmkran mit Wippausleger.** [Nach L. Rasper: Z. VDI 93 (1951) S. 139; 3 S., 5 B.]

Für den Hafen von Oslo wurde von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft ein Schwerlast-Schwimmkran für 100 t Tragkraft am Haupthaken und 10 t Tragkraft am Hilfs- haken gebaut, der dieselektrisch angetrieben wird und mit einem Wippausleger ausgestattet ist, der bei 35 m Hakenhöhe über dem Wasserspiegel eine Ausladung von 12 m aufweist. Die Kraftanlage besteht aus einem stehenden, kompressorlosen Achtzylinder-Viertakt-Dieselmotor der Motorenwerke Mannheim, der bei Aufladung und 600 U/min 340 PS leistet. Der Motor ist unmittelbar mit zwei Gleichstromgeneratoren für 500 V gekuppelt, die eine Reihenschluß- und eine Nebenschlußwicklung für Leonardschaltung haben und bei Dauerleistung je 97 kW abgeben können. Außerdem ist ein dritter Generator mit dem Motor unmittelbar gekuppelt.

<sup>1</sup> Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 40 (1949) S. 988. Ref. in ETZ 71 (1950) S. 402.

der 230 V und 35 kW entweder zur Erregung der Hauptmaschinen abgibt oder Hilfsmotoren und die Beleuchtung speist. Die beiden Hauptgeneratoren lassen sich wahlweise auf zwei Gleichstrom-Nebenschlußmotoren mit je 120 PS Dauerleistung, 500 V und 1000 U/min schalten, deren Drehzahl in Leonardschaltung lastunabhängig und stufenlos geregelt werden kann. Hierdurch wird die wahlweise Regelung der Drehzahl jeder der beiden Schraubenwellen bis zur Höchstgeschwindigkeit des Schwimmkrans von 5,5 Knoten ermöglicht. Fahr- und Kranbewegungen sind jedoch gleichzeitig nicht möglich. Durch seinen Antrieb hat der Schwimmkran eine gute Manövrierfähigkeit. Der Schiffskörper enthält durch zwei Längsschotte und vier Querschotte 15 wasserdichte Teile. Der Wippkran besteht zur Gewichtminderung im wesentlichen aus Walzstahl St 52; die Fachwerkteile sind mit Nieten aus St 44 verbunden. Das Einziehwerk besteht aus zwei 7,5 m langen Spindeln, die von dem Gleichstrom-Nebenschlußmotor angetrieben werden.

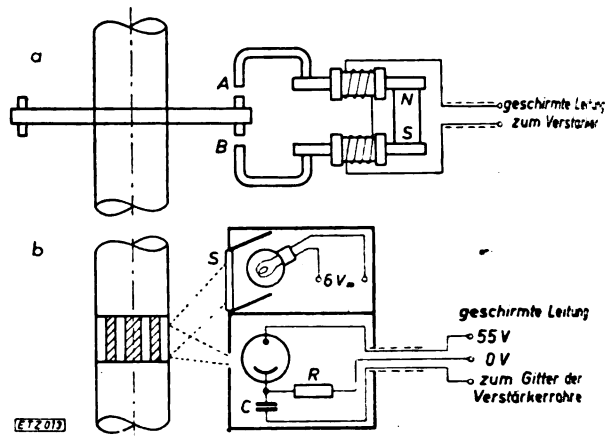


Bild 4. Drehzahlgeber, a elektromagnetischer Geber, b photoelektrischer Geber.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 537.713 : 531.711 : 621.3.028.24

Zur Einführung des absoluten Ohms. [Nach G. Zickner: Amtsbl. Phys.-Techn. Bundesanst. 1950, S. 70, 5 S.]

Der Verfasser schildert, wie die Kulturnationen in gemeinsamer Arbeit ein Widerstandsnormale in Anlehnung an das absolute Maßsystem geschaffen und den immer weiter gesteigerten Genauigkeitsansprüchen angepaßt haben. Auf dem Elektrikerkongreß in Chicago wurde 1893 nach jahrzehntelangen Vorarbeiten in Deutschland und anderen Ländern eine Quecksilbersäule von 1,063 m Länge und 1 mm<sup>2</sup> Querschnitt bei 0 °C, die man „internationales Ohm“ nannte, als Realisierung des absoluten Ohms definiert. Diese Widerstandseinheit wurde in Deutschland 1898 durch ein von der PTR ausgearbeitetes Gesetz über die elektrischen Einheiten eingeführt. — Die Verfeinerung der Meßmethoden ließ ein die Jahrhundertwende erkennen, daß die internationalen Einheiten von den absoluten abwichen. Eine internationale Konferenz in London setzte 1908 die Länge des internationalen Quecksilber-Ohms auf 1,06300 m fest. In den folgenden Jahren erklärte man den Mittelwert verschiedener nationaler Quecksilber-Widerstandseinheiten als „Washington-unit“ zum internationalen Ohm.

Da das praktische Arbeiten mit dem Quecksilbernormale außerordentlich umständlich und zeitraubend ist, schuf die PTR die handlicheren Normalwiderstände aus Manganindraht in Form von Widerstandsbüchsen. Das deutsche Ohm wird durch den Mittelwert von vier an die Quecksilbereinheit angeschlossenen Büchsen dargestellt, die in einer Atmosphäre konstanter Feuchtigkeit aufbewahrt werden. Im Jahre 1935 gab man die Washington-unit als Vergleichsmaß auf und ersetzte sie durch den Mittelwert  $\Omega_M$  aus an die Quecksilbereinheit angeschlossenen Drahtnormalen verschiedener Länder. Dieses Widerstandsmaß ist jedoch wegen der unvermeidlichen Nachalterung der Büchsen nicht genügend konstant, und bei dem heutigen Stand der Meßtechnik läßt sich der Anschluß an das absolute Ohm weniger mühevoll und mit höherer Genauigkeit als an die Quecksilbereinheit durchführen. Aus diesen und anderen Gründen schien der Übergang vom internationalen Ohm auf das absolute wünschenswert. Obwohl die PTR von einer allzu raschen Einführung der absoluten Einheiten wegen der darauf folgenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten warnte, beschloß 1946 das CIPM (Comité International des Poids et Mesures), die absoluten Einheiten zum 1. Jan. 1948 einzuführen und setzte die Umrechnungsbeziehung fest zu 1 int.  $\Omega_M = 1,00049$  abs.  $\Omega$ . Deutschland läßt die PTB bis zu einer endgültigen gesetzlichen Regelung beide Maßsysteme zur Beglaubigung zu.

DK 621.317.39 : 621—185

Ein elektronischer Drehzahlmesser. [Nach H. G. Jerrard u. W. Punnett: J. sci. Instrum. 27 (1950) S. 244; 2 S., 3 B.]

Die Drehzahl einer Welle wird entweder elektromagnetisch oder photoelektrisch in einen Wechselstrom verwandelt, dessen Frequenz mit einem geeichten Oszillator durch Betrachtung der Lissajouschen Figuren an einem Kathodenstrahlrohr verglichen wird. Das beschriebene Gerät ist für Drehzahlen von 0 ... 2000 U/min bei einer Genauigkeit von  $\pm 0,05\%$  ausgeführt, doch läßt sich die Anordnung ohne weiteres auch für weit höhere Drehzahlen gebrauchen. Die Messung erfolgt bei der elektromagnetischen Methode mit sehr

geringem, bei der photoelektrischen ohne Leistungsverbreiter. Der Geber kann an jedem beliebigen Wellenschaft leicht angebracht werden.

Der elektromagnetische Geber, Bild 4a, besteht aus einer Messingscheibe, auf deren Umfang z. B. 60 Weicheisenstriche angebracht sind, die in der Spule des festen Magnetsystems beim Durchlaufen einen Wechselstrom induzieren. Der photoelektrische Geber, Bild 4b, besteht aus einer Glühlampe, die über eine Linse z. B. den Wellenstumpf beleuchtet, dessen Umfang schwarze Streifen auf hellem Grund angebracht sind. Das bei der Drehung entstehende Wechselstromsignal ruft in der normal geschalteten Photozelle den Wechselstrom hervor. Die Genauigkeit der Anordnung kommt an die Drehzahlbestimmung durch Zählen der Umdrehungen mittels eines elektronischen Dezimalzählers über einen gestoppten Raum heran. Das Gerät ist tragbar und leicht anzuwenden.

Fernmeldetechnik

DK 621.394.127

Millimeterwellen. [Nach J. R. Pierce: Electronics, No. 24 (1951) S. 66; 4 S., 6 B.]

Der Verfasser gibt eine Übersicht über die Verfahren zur Erzeugung von Millimeterwellen, die das Gebiet zwischen den längsten infraroten und den kürzesten der Hochfrequenz umfassen. Dieses Gebiet ist technisch noch wenig genutzt worden. Es werden zunächst in Kürze die ältesten Verfahren, wie der Funkerregener von Lebedew (0,5 bis 10 cm) und der Massestrahler von Glagolewa-Arkadiewa (einige andere Methoden behandelt, die alle den Nachteil haben, daß sie ein ganzes Frequenzband aussenden, im Gegensatz zum Millimetergebiet, in dem die Frequenzen im engeren Sinn also nicht monochromatisch sind. Zur Erzeugung einer einzigen definierten Frequenz müssen auch im Millimetergebiet Elektronenröhren verwendet werden. Die Leistungsfähigkeit dieser Röhren ist jedoch mit kleinerer Wellenlänge sehr schnell abnehmend bei einem schwarzen Temperaturstrahler, der zum Vergleich herangezogen wird, im infraroten Gebiet die Leistungsfähigkeit pro Flächeneinheit bekanntlich mit der Wellenlänge ansteigt.

Bei 10 mm können mit Elektronenröhren z. Zt. Leistungen von höchstens 1 W erreicht werden. Die Ursache für das Abfallen der Leistung mit kleinerer Wellenlänge liegt darin, daß die Dimensionen mit der Wellenlänge abnehmen und im wesentlichen in der Größenordnung der Wellenlänge selbst liegen, so daß die Abführung der Verlustwärme schwierig ist. Aus diesem Grunde werden Klystrons, Magnetrons und Wanderfeldröhren gegenüber Trioden vorgezogen, da die letztere in bezug auf die Leistung und die Wärmeabfuhr besonders ungünstig ist. Außerdem z. Zt. mit zu den besten gehörenden Versuchsgeräten das Millimetergebiet bezeichnet der Verfasser das Magnetron mit Pulsbetrieb. Die Daten eines von der „Columbia Radiation Laboratory“ ausgeführten Magnetrons sind:

Wellenlänge mm	Spitzenleistung kW	Wirkungsgrad %
6,3	30 ... 40	15
4,3 ... 4,8	5 ... 15	4
3,0	1 ... 2	1,5

Der Nachteil des Pulsbetriebes ist wieder die Erzeugung eines ganzen Frequenzbandes. Für kontinuierlichen Betrieb

mit einer Frequenz werden Reflex-Klystrons verwendet (für etwa 8 mm Wellenlänge) mit einer Leistung in der Größenordnung von einigen  $10^{-3}$  W. Sie erfordern Spannungen von einigen 1000 V. Auch sind Wanderfeldröhren (traveling waves) für 6 mm gebaut worden. Als weitere mögliche Lösung nennt der Verfasser den „Doppelelektronenstromverstärker“. Er bezeichnet damit eine Röhre mit zwei nebeneinanderlaufenden Elektronenströmungen, die nach Art der Wanderfeldröhren arbeitet. Auch noch einige andere Vorschläge führt der Verfasser an, die aber nur kurz erwähnt werden.

Pgs

DK 621.385

**Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme.** [Nach einem Vortrage von H. Salow auf der Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaften in Bad Nauheim.]

H. Salow schilderte die technische Herstellung und die Betriebseigenschaften der Germaniumtrioden. Er besprach dann die derzeitige Vorstellung vom physikalischen Mechanismus der Transistoren und zeigt ihre technisch erreichbaren Leistungsgrenzen auf. Dazu ist es nötig, die Kenngrößen für verschiedene Arbeitspunkte anzugeben, die hier im Sinne der Vierpoltheorie definiert werden. Zusammen mit den Arbeitswiderständen erlauben die Kenngrößen die Angabe der Verstärkerleistung und zwar in beiden möglichen Fällen bei Steuerung an der Emitter- und an der Basiselktrode. Die Germaniumtriode eignet sich gut für die Verstärkung von Frequenzen bis 300 kHz, wenn man sich auf kleine Ausgangsleistungen beschränkt.

Eu

DK 621.385.006.5

**Eine elektrostatische Speicherröhre.** [Nach S. H. Dodd, H. Klemperer und P. Youtz: Electr. Engng. 69 (1950) S. 990; 6 S., 12 B.]

Die Verfasser beschreiben eine Speicherröhre, die sie im Laboratorium des Massachusetts Institute of Technology zum speziellen Einsatz in elektronischen Rechenmaschinen entwickelt haben. Entsprechend der Arbeitsweise solcher Rechenmaschinen muß die Speicherröhre imstande sein, Kombinationen aus den Einheiten „Null“ und „Eins“ des binären Systems als negative und positive elektrische Ladungen zu speichern und bei Bedarf als negative und positive Impulse wieder abzugeben.

Die Röhre enthält zwei Elektronenstrahlssysteme, eins mit elektrostatischer Fokussierung und Ablenkung zum „Schreiben“ der zu speichernden Signale und zum „Lesen“ der gespeicherten Vorgänge, das andere zum „Halten“ der Ladungen, die auf eine den Strahlensystemen gegenüberstehende Speicherplatte aufgeschrieben sind. Diese Platte besteht aus Glimmer (0,125 mm dick, rund, 100 mm Dmr.), deren Vorderseite ein aufgedampftes Beryllium-Mosaik (2,5 bis 16 isolierte Elemente pro  $\text{mm}^2$ ) und deren Rückseite eine Silberschicht („Signalplatte“) trägt. Im Abstand von etwa 0,4 mm vor der Mosaikschicht ist ein feinmaschiges Drahtnetz („Kollektor“) ausgespannt, das als geerdeter Auffänger für die während des Betriebes vom Beryllium-Mosaik ausgehenden Sekundärelektronen dient.

Die Signale werden durch kurzzeitiges Freigeben des normalerweise gesperrten Elektronenstrahls aufgezeichnet, wobei die getroffenen Elemente der Mosaikschicht (10 ... 25 Elemente) je nach Einstellung der Hilfsspannungen entweder auf Kollektorpotential (positives Signal) oder auf etwa -100 V (negatives Signal) aufgeladen werden. Diese Ladungspunkte werden durch Voreinstellung der Ablenkspannungen zeilenweise aneinandergereiht und Zeile unter Zeile über die Oberfläche der Speicherplatte verteilt. Auf der Platte lassen sich bis zu 1024 Signale aufzeichnen.

Beim Lesen wird der Elektronenstrahl mit 10 MHz intensitätsmoduliert. Das an der Signalplatte entstehende hochfrequente Signal wird nach Verstärkung und phasenabhängiger Gleichrichtung in einen positiven oder negativen Impuls verwandelt, je nachdem, ob eine positive oder negative Ladung auf der Speicherplatte getroffen wurde. Jeder Einzelvorgang, bestehend aus der Einstellung der Ablenk- und Hilfsspannungen und aus dem Freigeben des Elektronenstrahls zum Zwecke des Schreibens oder Lesens, dauert etwa 6 ... 25  $\mu\text{s}$ .

Zum Halten der Ladungen wird aus dem zweiten Elektronenstrahlssystem ein ständiger Regen langsamer Elektro-

nen über die Speicherplatte gesprüht, der infolge der Spannungsabhängigkeit des Sekundäremissionsfaktors der Beryllium-Oberfläche dafür sorgt, daß die einmal eingestellten Potentialverhältnisse erhalten bleiben.

Neben der Anwendung bei elektronischen Rechenmaschinen bieten sich noch andere Einsatzmöglichkeiten solcher Speicherröhren, z. B. in der Nachrichtenübertragung mit den verschiedenen Impulsverfahren.

Böd

DK 621.315.28 : 621.396.647.2

**Seekabel mit versenkten Verstärkern.** [Nach J. J. Gilbert: Bell Syst. techn. J. 30 (1951) S. 65.]

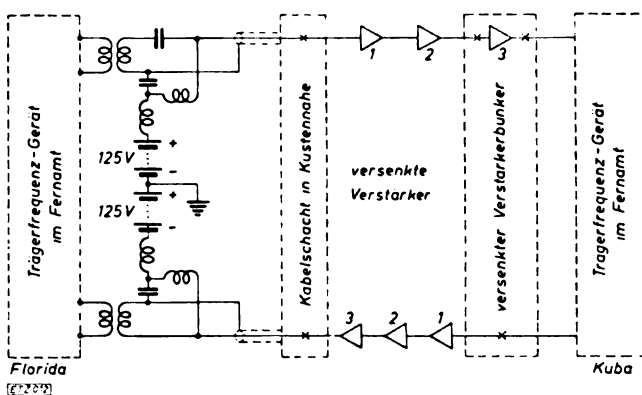
Zwischen Key West, Florida, und Havanna, Kuba, mit einer Entfernung von 100 Seemeilen Luftlinie wurden kürzlich zwei koaxiale Kabel von 225 km und 210 km Länge ausgelegt. Die notwendigen Zwischenverstärker wurden mangels natürlicher Landstützpunkte mit dem Kabel versenkt.

Die Breite des benutzten Trägerfrequenzbandes liegt zwischen 12 kHz und 108 kHz, und läßt somit 24 Kanäle von 4 kHz in jedem Kabel zu, von denen das eine für die Nord-Süd-Richtung, das andere für die Gegenrichtung bestimmt ist. Jedes Kabel hat drei Verstärker in etwa 65 km Abstand. Der letzte Verstärker wurde möglichst dicht an das flache Wasser gelegt, um gegenüber den dort leichter aufgefangenen Störungen durch atmosphärische Entladungen oder Nebensprechen einen hohen Nutzpegel zu haben.

Eine Übersicht über die Anlage zeigt Bild 5. Der Strom wird über den zentralen Leiter zugeführt und benötigt daher kein zusätzliches Leitungskupfer. An jedem Verstärkereingang befindet sich ein Filter, das den Gleichstrom vom dem trägerfrequenten Strom trennt. Der Spannungsabfall der in Serie geschalteten Heizfäden eines Verstärkers entspricht der Schirmgitter- bzw. Anodenspannung. Alle Verstärker sind hinsichtlich des Gleichstromes hintereinandergeschaltet. Durch Schleifenbildung in Havanna wird erreicht, daß alle Batterien in Key West aufgestellt und überwacht werden können.

Große Sorgfalt wurde auf die Herstellung der Verstärker verwandt; diese bilden praktisch einen Teil des Kabels und erscheinen beim Auslegen als eine mehrere Meter lange Verdickung des Kabelmantels, die jedoch so bemessen werden mußte, daß keine Schwierigkeiten beim Verlegen entstehen konnten. Dazu gehört auch, daß eine gewisse Biegsamkeit zugelassen werden mußte. Der statische Druck in großen Tiefen wird durch Versteifungsringe aus Stahl innerhalb des Mantels aufgenommen.

Da zum Ersatz von Röhren und Einzelteilen das Kabel aufgefischt werden müßte, was einer Instandsetzung eines Seekabels gleichkäme, sind alle Teile eingehenden Dauerprüfungen unterworfen worden, die sich über viele Jahre erstrecken. Bei den Röhren gehen die ersten Untersuchungen bis ins Jahr 1933 zurück. Es wurden indirekt geheizte Pentoden mit  $I_h = 0,25$  A und  $U_a = 60$  V verwendet. Auf die Herstellung guter Kontakte durch Schweißen sowie auf stabilen Aufbau der Elektroden wurde besonders geachtet, um den Erschütterungen bei der Kabelverlegung gewachsen zu sein. Nicht mindere Aufmerksamkeit wurde den übrigen Teilen wie Spulen, Kondensatoren usw. geschenkt. Nach vorsichtigen Schätzungen rechnet man mit einer Lebensdauer der Verstärker von etwa 20 Jahren.



× zugängliche Kabelspleiße  
Bild 5. Seekabel mit versenkten Verstärkern.

Das in Key West und Havanna aufgestellte Trägerfrequenzgerät unterscheidet sich nicht wesentlich von den bekannten Einrichtungen; es sei lediglich erwähnt, daß in jedem Verstärker ein scharfer Resonanzkreis außerhalb des benutzten Frequenzbandes vorgesehen ist, mit dessen Hilfe die Verstärkung jedes einzelnen Verstärkers nach Schleifenbildung in Havanna von Key West aus gemessen werden kann.

Wmm

## Fernsehen

DK 621.397.61

**Neue deutsche Fernsehsender.** [Nach Siemens-Z. 25 (1951) H. 1, S. 51; 1 B.]

Kürzlich lieferte S & H den ersten deutschen Fernsehsender nach dem Kriege. Während der Bildsender vorläufig mit einer Trägerfrequenz von 93 MHz, also im 3 m-Band arbeitet, will man später auf das 1,5 m-Band übergehen. Für die Verbreitung von Fernsehsendungen wird die Amplitudenmodulation angewendet. Die Breite des zu übertragenden Frequenzbandes von 6 MHz ergibt sich daraus, daß nach der deutschen Fernschnorm 25 Bilder je Sekunde mit 625 Zeilen übertragen werden. Die beiden entstehenden Seitenbänder enthalten das gesamte Bild, von dem nur das obere (93 ... 99 MHz) ganz übertragen wird; um möglichst wenige Frequenzen zu belegen, wird vom unteren Seitenband (87 ... 93 MHz) der Bereich von 87 ... 91 MHz unterdrückt. Dem Sender wird die Modulation auf einer Hilfsträgerfrequenz von 21 MHz zugeführt. Das breite Frequenzband von 15 ... 27 MHz wird durch den mehrstufigen Modulationsverstärker ohne wesentliche Amplituden- und Laufzeitverzerrungen etwa 300fach verstärkt. Die Modulationsstufe und die Endstufe zeichnen sich ebenfalls durch sehr geringe Amplituden- und Laufzeitverzerrungen aus. Allgemein wird mit Negativmodulation gearbeitet, wobei also den hellsten Bildstellen die kleinste Leistung zugeordnet wird. Nur während der Synchronisierungsimpulse wird der Sender auf größte Leistung getastet; diese Spitzenleistung beträgt etwa 300 W. Vorläufig arbeitet der Sender noch auf eine Behelfsantenne; als endgültige Antenne ist ein Breitband-Rundstrahler mit starker Vertikalbündelung vorgesehen. Damit sind Reichweiten von mehr als 20 km möglich.

Der **T o n s e n d e r** ist frequenzmoduliert und überträgt ein Modulationsband von 30 ... 15 000 Hz bei einem Amplitudenbereich von 1 : 300. Der Sender ist ein normaler UKW-Rundfunksender und arbeitet mit einer Trägerfrequenz von 99,4 MHz. Die Leistung beträgt etwa 100 W, da die Tonsender-Leistung nur  $\frac{1}{2}$  der zugeordneten Bildsender-Leistung zu sein braucht.

ts

DK 621.397.8 : 535.6

## Amerikanisches Fernsehen in Berlin.

Noch vor der Wiedereinführung des deutschen Fernsehens, die in Berlin mit der Eröffnung der Industrieausstellung am 6. Oktober verbunden war, hatte ab 13. August für etwa 3 Wochen RCA im Stadtpark Schöneberg und in über 100 Fachgeschäften den Stand ihres Schwarz-Weiß-Fernsehens (525 Zeilen) gezeigt. Die Berliner verfolgten nicht nur das Programm mit großem Interesse, sondern beurteilten auch die technische Leistung. Allgemein fand man die Auffassung vertreten, daß die heutige Qualität etwa der des deutschen Fernsehens aus der Zeit vor dem Kriege (441 Zeilen) entspräche. Das Schirmbild der RCA-Empfänger dürfte aber doch erheblich heller sein als damals. Doch ist ein derartiger Vergleich nach mehr als zehnjähriger Pause nicht sehr sicher durchzuführen.

Gleichzeitig führte Columbia Broadcasting System (CBS) im Britischen Pavillon auf dem Ausstellungsgelände Farbfernsehen vor. Über die technischen Einzelheiten wurde bereits berichtet<sup>1</sup>. Es sei deshalb hier lediglich der subjektive Eindruck wiedergegeben, den man vom Bilde gewinnt. Man erlebt bei der Betrachtung dieselbe Überraschung wie 1929, als im Reichspostzentralamt und bei Telefunken die ersten Fernsehbilder (30 Zeilen) zu sehen waren. Während man damals auf Grund der Erfahrungen mit Bildtelegraphie eine völlig ungenügende Bildschärfe erwarten mußte, zeigte es sich, daß der Eindruck durch die Bewegung des Bildes bedeutend günstiger war als beim unbewegten Bilde gleicher Zeilenzahl. Ähnlich liegen jetzt die Verhältnisse beim Farbfernsehen. Obwohl CBS zur Ver-

ringerung des zu übertragenden Frequenzbandes mit der Zeilenzahl auf 405 zurückgegangen ist, haben die Bilder durch die leuchtenden Farben so sehr an Kontrast und Tiefe gewonnen, daß man sie mit größerem Vergnügen betrachtet als ein Schwarz-Weiß-Bild gleicher Zeilenzahl. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß der Schwarzungsumfang beim Schwarz-Weiß-Fernsehen nicht allzu groß ist. Besonders bei nicht völlig verdunkeltem Beobachtungsraume, ein Zustand, der praktisch meistens vorliegen wird, werden die schwarzen Bildteile durch die Raumbeleuchtung mehr als zulässig aufgehellt. Das Schwarz-Weiß-Bild wirkt deshalb immer etwas flau. Dies wird durch die Farbe ausgeglichen. Die Vorführung des CBS beschränkte sich allerdings auf Kurzschlußwiedergabe, so daß man nicht beurteilen konnte, ob die Bildgüte auch bei Zwischenschaltung des hochfrequenten Übertragungsweges erhalten bleibt. Das Frequenzband ist ohne besondere Begrenzungsmaßnahmen immerhin dreimal breiter als beim Schwarz-Weiß-Bild gleicher Zeilenzahl. E. Roessler

## Physik

DK 557.523.4

**Elektrische Gradienten in langen Funkenkanälen in Gasen und die Ausdehnung der Funkenkanäle.** [Nach J. B. Higgins und J. M. Meek: Proc. Phys. Soc. B 63 (1950) S. 61 u. 649; 28 S.]

Die Verfasser führen oszillographische Spannungsmessungen an 10 ... 40 cm langen Funkenkanälen in verschiedenen Gasen durch. Sie verwenden dabei aperiodische Impulse (Wanderwellen), die in rund  $\frac{1}{4}$   $\mu$ s ihr Maximum erreichen, um dann in 10 ... 25  $\mu$ s zum Halbwert abzuklingen. Die Spitzenströme waren dabei 60 ... 700 A, die Kanal-längen wurden photographisch ermittelt.

Um die Kanaldurchmesser beobachten zu können, wird eine Kamera mit rotierendem Spiegel benutzt, die ein zeitliches Auflösungsvermögen von 1,5 mm/ $\mu$ s hat. Eine zweite elegantere Methode besteht in der Verwendung eines Photovervielfachers mit dahinter geschaltetem Oszillographen, der unmittelbar die Breite der leuchtenden Zone registriert. Diese Licht emittierende Zone identifizieren die Verfasser mit dem leitenden Kanal, ohne auf die dabei auftretenden Fragen weiter als mit einigen allgemeinen Worten einzugehen.

Die Abhängigkeit des Gradienten von der Zeit ist für Durchschläge mit verschieden großen Spitzenströmen zwischen 100 und 1000 A fast die gleiche. Ebenso ergibt sich aus den gemessenen Kanaldurchmessern eine nahezu stromstärkenabhängige Stromdichte. Daraus kann man eine ohmsche Leitfähigkeit des Funkenkanals angeben, die fast ausschließlich von der Zeit abhängt. In Luft erhält man etwa 1  $\mu$ s nach dem Durchschlag rund 150  $\Omega^{-1}$  cm<sup>-1</sup>. Die aufgenommenen Leistung liegt dabei in der Größenordnung von 10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>.

Die Länge des Kanals ist im allgemeinen größer, als der Funkenstreckenabstand. Die Überlänge wird kleiner, wenn die Wanderwelle höher ist, als zum Durchschlag nötig. Die Verfasser erklären diese Erscheinung aus dem Lawinencharakter des elektrischen Durchschlags. Sie nehmen an, daß im Falle sehr hoher Wanderwellen mehr Lawinen gebildet werden, so daß dem Durchschlag eine größere Auswahl von möglichen Bahnen zur Verfügung steht, von denen die am günstigsten mit der maximalen Feldrichtung zusammenfallende bevorzugt wird. Daß dieses einfache Bild zur Erklärung ausreicht, darf angezweifelt werden. Eine geschlossene Theorie des nicht stationären Funkenüberschlages besteht aber aus mehrfachen Ansätzen nach Meinung der Verfasser bis heute nicht. Für die Ionisationsdichte im Kanal spielen Diffusion und Rekombination eine große Rolle. Diese Vorgänge sind auch für die Ausweitung des Kanals teilweise verantwortlich. Da die Elektronen schneller nach außen abwandern werden sie von den zurückbleibenden positiven Raumladungen elektrostatisch in ihrer Abwanderung behindert. Man muß also mit den sogenannten „ambipolaren“ Diffusionskoeffizienten rechnen. Anfänglich haben die Elektronen eine Temperatur von 10<sup>4</sup> °K oder darüber, die sie infolge der großen Stoßzahl rasch an die Atome oder Moleküle abgeben. Damit wächst die Gastemperatur, der Druck im Kanal und der Kanaldurchmesser an. Er wächst solange, bis die Temperatur auf die Säulentemperatur normaler Bögen vor rund 6000° gefallen ist. Der Gradient ist zunächst sehr viel höher (rd. 100 V/cm) als bei Bogenladungen, wo man Werte von einigen V/cm zu erwarten hat. Er fällt aber mit der Zeit sehr stark ab und scheint dem Bogenzustand zuzustreben.

<sup>1</sup> E. Schwartz: Farbfernsehen in USA. ETZ 72 (1951) Heft 14, S. 431.

Zur Theorie darf auf W. Weizel und R. Rompe: Zur Theorie des elektrischen Funkens. Ann. Phys. (6) 1 (1947) S. 285<sup>1</sup> und H. Fetz: Zum Mechanismus der Elektronennachlieferung beim Selbständigwerden der Townsend-Entladung. Z. angew. Phys. 1 (1948) S. 19<sup>2</sup> verwiesen werden. Diese Arbeiten sind bei Higham and Meek nicht zitiert, waren also wahrscheinlich nicht bekannt.

Der Wert der Untersuchung liegt in den ausgedehnten Messungen. Einige der Ergebnisse stimmen mit älteren Angaben gut überein, wenn auch direkte Vergleichsmöglichkeiten nur schwer bestehen. Eu

DK 537.52

**Untersuchungen mit dem Spitzenzähler an frisch bearbeiteten Nichtmetallflächen und bestrahlten Kristallen.** [Nach J. Kramer: Z. Phys. 128 (1950) S. 538; 8 S., 4 B., 2 Taf.; und 129 (1951) S. 34; 10 S., 11 B.]

In früheren Arbeiten<sup>3</sup> hat Kramer durch Messungen vor dem Spitzenzähler zeigen können, daß an Metallen nach der Bearbeitung in vielen Fällen Elektronen aus der Oberfläche austreten. Ähnliche Vorgänge finden sich auch bei Nichtmetallen. Insbesondere können zertrümmerte Gesteine den Spitzenzähler zum Ansprechen bringen; es liegt nahe, hier Parallelen zum Auftreten der gefürchteten Silikose zu vermuten. In zwei Tabellen sind die Stoffe angegeben, die nach dem Zertrümmern Entladungen hervorrufen und diejenigen, die den Effekt nicht zeigen. Die angegebenen Zahlenwerte hängen noch von der Korngröße des Materials vor und nach dem Zertrümmern ab, sind also keine spezifischen Konstanten. Sie sind weiter von einer Reihe vorläufig noch unbekannter Einwirkungen beeinflusst. So zeigt kristalliner Quarz beträchtliche Wirkung, während Quarzglas sich völlig negativ verhält. Pyrit als Einkristall verhält sich positiv, Pyritpolykristalle — die bekannten vielstrahligen Kugeln — zeigen keine Wirkung. Die Einzelheiten, insbesondere der Auslösemechanismus ist noch weitgehend unbekannt, man weiß nicht einmal, ob es sich um Elektronenemission handelt. Bei den Metallen handelt es sich um exotherme Umwandlungen, Erholungs- oder Rekristallisationsvorgänge, die infolge der kleineren Austrittsarbeit der instabilen Oberflächen zur Elektronenemission genügend Energie abgeben. Derartige Vorgänge sind bei Kristallen kaum denkbar. Es handelt sich hier vielmehr um Aufladungserscheinungen beim Zertrümmern. Solche Aufladungserscheinungen können auch durch Bestrahlung mit Röntgen-, UV- oder sogar mit sichtbarem Licht hervorgerufen werden. Da das Abklinggesetz nach Anregung durch Zertrümmern ohne oder mit Bestrahlung das gleiche ist, nimmt der Verfasser für beide Erregungsarten den gleichen physikalischen Vorgang an. Das Feld des Spitzenzählers hat keinen Einfluß auf den Abklingvorgang. Auch die Temperaturabhängigkeit des Effektes ist bei bestrahltem Flußspat zum Beispiel die gleiche, wie bei zertrümmertem Quarz. Für das Auftreten des Effektes müssen wahrscheinlich zunächst einmal Aufladungen vorhanden sein. Diese Ladungen gleichen sich aus, und zwar so, daß der Spitzenzähler dabei anspricht. Die Aufladungen können durch Zertrümmern, also Ladungstrennung und Reibung, oder durch Photoeffekt, also Bestrahlung, und schließlich auch durch Glimmentladungen in der Nähe der Trümmer erzeugt werden. Auch dann sind Abklinggesetz und Temperaturabhängigkeit dieselben. Diese Versuche können auch an Pyrit durchgeführt werden, obwohl Pyrit verhältnismäßig gut leitet. Auch Metalloberflächen zeigen gewisse geringe Effekte in der gleichen Richtung.

Die beobachteten Änderungen der Metall- und Kristalloberflächen gehen sicher mit Änderungen der chemischen Aktivität einher, so daß also Zusammenhänge mit der Silikose verständlich erscheinen. Auch Elektronenemission kann eine direkte Schädigung der Lunge hervorrufen. Eu

## Werkstoffe

DK 621.315.616.9

**Neue korrosionsbeständige Werkstoffe im Ausland.** [Nach E. Franke: Werkstoffe u. Korrosion 1 (1950) S. 497; 10 S., 3 B., 4 Taf.]

Es werden Entwicklung, Herstellung, Aufbau, Beschaffenheit, Verarbeitung und Anwendung des Polytetrafluor-

äthylens „Teflon“ und des Polychlorotrifluoräthylens „KEL-F“ ausführlich behandelt. Die zufällige Entdeckung der Polymerisationsfähigkeit von monomerem Tetrafluoräthylen durch R. J. Plunkett<sup>1</sup> wies den Weg zur Entwicklung des „Teflon“, das als Grundstoff z. Zt. in pulveriger, granularer, gefaseter oder geschnitzelter, seit kurzem auch in kolloid-disperser Form vorliegt, die als stabile wässrige Dispersion mit 50% festem Anteil dem Teflon viele neue Anwendungsgebiete erschließen dürfte. Neben der großen Wärmebeständigkeit (Arbeitstemperaturen bis 260 °C werden über längere Zeit ertragen) ist seine Zähigkeit und gute Dauerstandsfestigkeit über einen weiten Temperaturbereich bemerkenswert. Teflon wird praktisch von keinem chemischen Reagenz mit Ausnahme von geschmolzenen Alkalien, Fluor und Chlortrifluorid angegriffen. Auch gegen Bewitterung ist es hochbeständig. Da es diese Eigenschaften mit einem sehr guten elektrischen Isolationsvermögen vereinigt, zählt es zu den interessantesten elektrischen Isolierstoffen. An Daten seien genannt:

Dielektrischer Verlustfaktor: 0,0005 bei Frequenzen bis 10<sup>8</sup> Hz.

Dielektrizitätskonstante: 2,0.

Durchschlagfestigkeit: 40...80 kV/mm je nach Probendicke.

Durchgangswiderstand: 10<sup>15</sup> Ω cm (durch Feuchtigkeit nicht einflußbar).

Oberflächenwiderstand: 10<sup>13</sup> Ω bei 100% rel. Luftfeuchte mit Wasserkondensation.

Lichtbogenfestigkeit: 700 s.

Als Anwendungsfälle in der Elektrotechnik werden genannt: Umhüllungen von Hochfrequenz- und Hochspannungskabeln, Ummantelung von Unterseekabeln, Umwicklungen scharf gekrümmter elektrischer Leiter, Isolierungen von Kabeln und Drähten nach dem Strangpreßverfahren, Imprägnieren von Glasleinen und Herstellung von Plattenmaterial als Ersatz für Glimmerplatten.

Bei Gebrauchsspannungen über 2300 V jedoch ist Teflon nicht zu empfehlen, da mit Koronaverlusten zu rechnen ist.

Nachdem bereits vor dem Kriege in Höchst<sup>2</sup> beobachtet wurde, daß Fluoräthylene die noch Chloratome enthalten, verhältnismäßig leicht polymerisieren, wandte man sich in den USA der Polymerisation des Monochlorotrifluoräthylens zu, da dieses Polymer neben ausgezeichneter Hitzebeständigkeit eine wesentlich leichtere Verarbeitbarkeit als Polytetrafluoräthylen besitzt. KEL-F zeigt fast die gleichen guten physikalischen Eigenschaften des Teflon. Seine Härte ist durch Wärmebehandlung in weiten Grenzen veränderbar. Es besitzt hohe Zug-, Bruch- und Schlagfestigkeit bei niedrigen und hohen Temperaturen und elastische Eigenschaften, die denen des Teflon überlegen sind. Sein tiefer als bei Teflon liegender Erweichungspunkt beschränkt seinen thermischen Anwendungsbereich auf Temperaturen bis etwa 200° (ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung). KEL-F ist gegen konzentrierte Schwefelsäure, Flußsäure, Wasserstoffperoxid, Königswasser u. a. Oxydationsmittel beständig und auch gegen organische Lösungsmittel sehr resistent. Bemerkenswert ist sein Widerstand gegen Benetzung im Tropenklima und bei hoher rel. Feuchtigkeit. Von elektrischen Kennziffern seien genannt:

Dielektrizitätskonstante: 2,0.

Durchschlagfestigkeit: 10...20 kV/mm je nach Probendicke.

Durchgangswiderstand: 5 · 10<sup>17</sup> Ω cm.

Lichtbogenfestigkeit: 360 s.

KEL-F kann nach allen Verfahren der Kunststofftechnik verarbeitet werden, wobei möglichst niedrige Arbeitstemperaturen anzustreben sind. Es kann nach dem Spritzguß- oder Strangpreßverfahren zu Formkörpern, auf Pressen mit oder ohne Matrize zu plattenförmigen Materialien verarbeitet werden. In kolloiddisperser Form dient es u. a. zur Herstellung von Überzügen auf wärmeempfindlichen Stoffen, wie Textilien, Holz usw. Es ist durchaus denkbar, daß es auch in der Elektrotechnik in allen jenen Fällen an Stelle von Teflon Anwendung finden wird, wo keine extrem hohen thermischen Beanspruchungen auftreten. Schaukurven und Zahlentafeln ermöglichen einen guten Überblick über die charakteristischen Eigenschaften dieser Kunststoffe. Ein ausführliches Schrifttumverzeichnis erleichtert dem interessierten Leser ein Eingehen auf Einzelfragen. S-2

<sup>1</sup> Ref. in ETZ 69 (1948) S. 309.

<sup>2</sup> Ref. in ETZ 69 (1948) S. 372.

<sup>3</sup> Kramer: Z. Phys. 125 (1949) S. 739.

<sup>1</sup> A. P. 2 230 654 (1941).

<sup>2</sup> W. Graulich: Kunststoffe 40 (1950) S. 260.



DK 549.73

**Eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten von Ferriten.** [Nach K. E. Latimer u. H. B. Macdonald: Commun. News 11 (1950) S. 76; 14½ S., 15 B.]

Die Ferrite, Kombinationen von  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mit einem zweiwertigen Metall, haben den hohen spezifischen Widerstand von Halbleitern (20 ... 100  $\Omega$  cm), so daß sie bei Hochfrequenz bezüglich der Wirbelstromverluste allen anderen Werkstoffen überlegen sind. Wegen des Fehlens von inneren Spannungen besitzen sie außerdem hohe Permeabilitätswerte (700 ... 1500) und kleine Hystereseverluste. Die Ferrite sind keramische Werkstoffe und werden durch Sintern der Metalloxyde (Fe, Ni, Zn oder Fe, Mn, Zn) hergestellt. Nach dem Sintern sind sie glashart und nur noch durch Schleifen zu bearbeiten. Das spez. Gewicht beträgt rd. 4,8, die Dielektrizitätskonstante 100 000. Trotz der niedrigen Curiepunkte bei 110 ... 150 °C und der niedrigen Sättigungswerte von rd. 2500 G, die die Anwendung im Starkstromgebiet noch ausschließen, bleiben für die Schwachstromtechnik eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, von denen folgende hervorgehoben seien:

1. Magnetische Kreise mit dreidimensionalen Flußpfaden: In der Nähe von Luftspalten oder geschwächten Querschnitten treten Flußkomponenten senkrecht zur Blechebene auf, die bei Blechkernen zusätzliche Wirbelstromverluste hervorrufen, bei Ferriten wegen ihres hohen Widerstandes jedoch nicht. (Gesättigte Kerne für magnetische Verstärker mit ungleichmäßigen Querschnitten, um die zur Sättigung notwendige MMK zu reduzieren.)

2. Filterspulen in Form von Topfkernen, welche bei leichter Herstellbarkeit eine bequeme Einstellung der gescherten Permeabilität zwischen 15 und 110 ermöglichen. Der Abgleich erfolgt durch Bakelitstreifen mit Ferritpulver, die in den Luftspalt eingeführt werden. Der Temperaturkoeffizient der Induktivität liegt zwischen 40 und  $250 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ .

3. Pupinspulen und Abstimmspulen für Rundfunkzwecke, die dank der hohen Permeabilität des Materials eine beträchtliche Verkleinerung der Abmessungen ermöglichen.

4. Trägerfrequenztransformatoren mit E- und I-Kernen, bei denen eine komplexe Permeabilität von 1000 erreichbar ist.

5. HF-Breitbandtrafos bis  $16 \cdot 10^6$  Hz. — Für zahlreiche andere Anwendungsgebiete sind die Ferrite ebenfalls aussichtsreich, z. B. für Trafos von Fernsehgeräten, kleine Maschinen und Meßinstrumente, Belastungsmaterial für Kabel, magnetostruktive Sender und andere. Nm

## Verschiedenes

DK 378.962 : 373.62.002.2

**Ein Beitrag zur Struktur der Technischen Hochschulen.** [Nach E. Heidebroek: Technik 5 (1950) S. 381.]

Der Verfasser hat den Eindruck, daß heute auf den Technischen Hochschulen der Gestaltungslehre und dem schöpferischen Konstruieren nicht das notwendige Gewicht beigelegt wird und daß sich das Schwergewicht auf die abstrakte, theoretische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme verschiebt. Heidebroek stellt für den Maschinenbau als Lehr- und Forschungsgebiet folgendes besonders heraus:

1. Für die Technischen Hochschulen muß der „Maschinenbau“ mit allen dazu gehörigen Fachgebieten zentrale Bedeutung haben. Andere Disziplinen sind deshalb nicht geringer zu bewerten, vor allem nicht die Naturwissenschaften, denn der Maschinenbau ist auf ihre Anwendungen auch angewiesen.

Die gestaltende Arbeit wird meist gering eingeschätzt, sie wird vielfach als reines Handwerk angesehen und deshalb eher als für Fachschulen geeignet betrachtet.

2. Die Gestaltung eines Teiles oder einer ganzen Maschine umspannt einen gewaltigen Bogen geistiger Arbeit. Von der Idee über das Reißbrett und den Betrieb werden Produktionsmittel und Produktionsgüter in einem großen Ringprozeß umschlossen. Wegen der ausgesprochenen „Fortschrittlichkeit“ der Technik und der parallel laufenden rapiden Fortentwicklung der Naturwissenschaften ist es im Lehrbetrieb schwierig, das Grundsätzliche und allgemein Typische zu konzentrieren und in Lehrplänen niederzulegen.

3. Die Lehrkräfte müssen neben theoretischem Niveau über eigene konstruktive Erfahrung verfügen. Nur wer aus persönlichem Erleben etwas weiter gibt, kann jene Begeisterung erwecken, die gerade hier notwendig ist. Die dem

Schaffen des Künstlers verwandte schöpferische Gestaltung kann nicht aus Lehrbüchern erlernt werden, sondern muß von Mensch zu Mensch weitergegeben werden. Nachweislich gehen auch die wissenschaftlichen Äußerungen der aus der Technik gekommenen Lehrer dem Studierenden leichter ein als die der „reinen“ Theoretiker.

4. Die Gestaltungslehre muß deshalb der Kern des Unterrichts bleiben, ihre erzieherische Bedeutung ist nicht zu ersetzen. Die Scheu vor der schöpferischen Gestaltung muß überwunden werden, um dem erheblichen Mangel an Konstrukteuren zu begegnen.

Die von Heidebroek in den Mittelpunkt der Hochschularbeit gestellte Erziehung zum schöpferischen Konstruieren kann nicht deutlich genug immer wieder betont werden. Da jeder Ingenieur mit Konstruktionen in Berührung kommt, muß der Studierende schon während des Studiums Fluidum und Arbeitsweise des Konstruktionsbüros kennen lernen. Es sollte auch jeder junge Ingenieur zuerst eine längere Zeit in einem Konstruktionsbüro arbeiten.

Der Ingenieurnachwuchs für die Praxis kommt im wesentlichen von den Technischen Hochschulen und den Ingenieurschulen. Während die Technischen Hochschulen eine mehr wissenschaftlich betonte Ausbildung betreiben, ist diese an den Ingenieurschulen mehr praktisch-technisch. Beide Institutionen sind sich heute einig darin, daß in der beschränkten Studienzeit nur die Grundlagen des Ingenieurberufes und ihre Anwendungen auf geeignete Aufgaben aus der Technik vermittelt werden können, daß in diesem Zeitraum die Ausbildung von Spezialisten nicht möglich und auch nicht wünschenswert ist. Vielmehr muß die Praxis der Reifmachen der Ingenieure selbst übernehmen, wo immer sie ihre Tätigkeit beginnen oder weiterführen.

An Grundlagenfächern wären zu nennen: Mathematik, Physik, Mechanik, Chemie, Stoffkunde, Formgebung usw. Bei der Mathematik ist weniger Wert auf abstrakte als auf „praktische Mathematik“ zu legen. Die Technik bietet reichlich Beispiele, wo auch rein formale Behandlungen möglich sind. Auch die Physik müßte vornehmlich vom Experiment her gelehrt werden, zumal optische Eindrücke durchweg in der Erinnerung besser haften als akustische. In dem von Bra mesfeld geschaffenen Berufsbild des Konstrukteurs werden die notwendigen intellektuellen, seelischen und körperlichen Voraussetzungen für den Konstrukteur (und damit für den Ingenieurberuf) umrissen. Der hohe Wert der Anschauung und die Bedeutung visueller Lehrmethoden wird immer wieder deutlich. Es wäre zu begrüßen, wenn bei der Nachwuchsentwicklung für den Ingenieur psychotechnische Auswahlmethoden stärker eingesetzt würden.

Wie sieht nun der Einsatz der Ingenieure in der Praxis aus? In zahlreichen Betrieben muß vom ersten Tag an der Gehalt aberdient werden, mit der eigenen Werkstatt besteht mangelhafter oder gar kein Kontakt, die eigene Konstruktionsarbeit wird ausgeführt nie sichtbar und kritisch zugänglich. Demgegenüber haben fortschrittliche Betriebsführer erkannt, welches geistige Kapitel in ihren jungen Ingenieuren steckt und daß dieses Kapitel ständig vermehrt werden muß. Die Arbeitsgemeinschaft von Menschen und Ideen in einem Konstruktionsbüro bietet hervorragende Möglichkeiten zur Weiterbildung aller Kräfte. Unter der Leitung eines verständigen Konstruktionschefs kann die Ausbildung beim Konstruieren sehr gut erweitert werden. Regelmäßige Besprechungen über die vorliegenden Konstruktionen, Vorträge, Berichte, Werkserfahrungen und Versuchsergebnisse bieten ein weites Feld und schaffen erst den eigentlichen Ingenieur. Dazu sollte in jedem Werk eine modern eingerichtete Fachbücherei bestehen, damit das geistige Rüstzeug ständig erweitert werden kann.

Außerdem sollte die Wirtschaft begreifen, daß sie insbesondere sachlich an der Schaffung der geistigen Kräfte während der Ausbildung Anteil nehmen muß. Manche Firma steht heute vor dem Konkurs, weil sie im Inland und Ausland nicht mehr konkurrenzfähig ist. Sie hatte es versäumt rechtzeitig für die geistige Durchdringung und Auffrischung ihrer Ideen zu sorgen. Es sind dazu Jahre notwendig in diesen Dingen darf man deshalb auch nicht zu sehr in der Gegenwart leben, sondern muß wissen, daß auf Zeiten der aufwärtsstrebender wirtschaftlicher Entwicklung andere Zeiten folgen werden, in denen man als einziges und aussichtsreichstes Plus nur seine geistigen Kräfte hat. Sie können nur auf den Plan gerufen werden, wenn man allezeit für den richtigen Nährboden sorgt.

## VERSCHIEDENES

### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

Frankfurt a. M., Osthafenplatz 6,  
Fernruf: 4 31 57, Kabelwort: Elektrobund, Postcheckkonto: Köln 2197

#### Bekanntmachungen

##### Vorschriften für Elektrozaungeräte.

Die Einsprüche gegen die in der ETZ 72 (1951) H. 7, S. 217 am 1. 4. 51 veröffentlichten Entwürfe VDE 0131 „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Elektrozaunen“ und VDE 0667 „Vorschriften für Elektrozaun-Geräte mit Netzanschluß“ wurden von der VDE-Kommission „Elektrozaune“ unter Vorsitz von Dr.-Ing. Schneider ordnungsgemäß behandelt.

Die Schlußfassungen wurden vom Vorstand des VDE im November 1951 genehmigt und mit Wirkung vom 1. Januar 1952 in Kraft gesetzt.

Gleichzeitig hat der Vorstand des VDE die seitherige Fassung, „Leitsätze für elektrische Weidezaune“ VDE 0131/VIII.41, mit Wirkung ab 1. Januar 1952 für ungültig erklärt.

Sonderdrucke von VDE 0131/1.52 zum Preise von 0,30 DM und von VDE 0667/1.52 zum Preise von 1,20 DM können vom VDE-Verlag, Wuppertal-Elberfeld, Briller Straße 99, und Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, bezogen werden.

#### Außerkräftsetzung von VDE-Bestimmungen für Isolierstoffe.

Da gegen die in der ETZ 72 (1951) H. 16, S. 507 angekündigte Außerkräftsetzung nachstehender VDE-Bestimmungen keine Einsprüche eingegangen sind, hat sie der Vorstand des VDE mit Wirkung vom 1. Januar 1952 ab für ungültig erklärt.

VDE 0313/1929 „Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe“,

VDE 0318K/XI.44 „K-Regeln für Hartpapier und Hartgewebe (Schichtpreßstoffe)“<sup>1</sup>

VDE 0340K/IX.44 „K-Vorschriften für Isolierband“<sup>1</sup>

Die in der gleichen Bekanntmachung genannten VDE-Bestimmungen:

VDE 0312/1929 „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff“,

VDE 0331/1932 „Leitsätze für die Prüfung und Lieferung von Asbestzeugnissen“

bleiben weiter gültig, da gegen ihre Außerkräftsetzung berechnigte Einwände erhoben wurden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Der Generalsekretär  
Lauster

#### VDE-Kommission 0710 „Leuchten“

Die Kommission beabsichtigt, den 2. Satz des § 1 von VDE 0710/IX 44 wie folgt zu ändern:

„Porzellanleuchten dürfen bis zum 31. Dezember 1952 auch noch nach VDE 0610 §§ 74 bis 84 hergestellt werden.“

Es ist beabsichtigt, diese Änderung zum nächstmöglichen Termin in Kraft zu setzen. Begründete Einsprüche gegen diese Änderung können bis zum 15. 1. 1952 in zweifacher Ausfertigung bei der Vorschriftenstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Frankfurt am Main, Osthafenplatz 6, eingereicht werden.

VDE-Vorschriftenstelle  
Jacottet

<sup>1</sup> Die Kriegs (K)-Vorschriften wurden später auch Behelfs (B)- und danach Übergangs (U)-Vorschriften genannt. Für die B- und U-Vorschriften gilt daher dasselbe, wie für die K-Vorschriften.

### BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3.01 : 513 (023.5)

**Ortskurvengeometrie in der komplexen Zahlenebene.** Von Dr. W. Mich a e l. Mit 94 S., 37 B., Format 17×24 cm. Verlag Birkhäuser, Basel 1950. Preis Glw. 11,50 sfrs.

Im Jahre 1917 erschien das Buch von O. Bloch über die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik, das großes Aufsehen erregt hat und viele Elektrotechniker mit der Darstellung von Wechselstromvorgängen in der komplexen Ebene bekannt machte. Bloch starb im selben Jahr und sein Buch, das nur in der 1. Auflage erschien, war bald vergriffen. Es ist deshalb zu begrüßen, daß W. Mich a e l unter dem Titel „Ortskurvengeometrie in der komplexen Zahlenebene“ das Buch von Bloch in moderner Form wieder-erstehen läßt.

Er entwickelt an der Geraden den Begriff der Ortskurve und die besonderen Probleme, die dadurch entstehen, daß für eine Ortskurve nicht nur die Kurve selbst, sondern die Skala für den reellen Parameter, die sie trägt, wesentlich ist. Einer Untersuchung des Kreises folgen allgemeine Sätze der Ortskurvengeometrie über die Bestimmung der Ordnung der Ortskurve sowie ihrer Asymptoten, Tangenten und Krümmungskreise. Dann werden die Kegelschnitte, die bizirkuläre Quartik und die zirkuläre Kubik behandelt. Ein Abschnitt über die Zirkularität mit weiteren Beispielen für zirkuläre und nichtzirkuläre Kurven beschließt das Buch.

Die Darstellung ist klar und elegant. Wie das Buch von Bloch der Generation zwischen den beiden großen Kriegen gute Dienste beim Einarbeiten in die Theorie der Ortskurven leistete, wird sein Nachfolger der heutigen Generation dienen können, denn inzwischen haben sich die Ortskurven als unentbehrliches Hilfsmittel der Theoretischen Elektrotechnik erwiesen. Es wäre zu begrüßen, wenn mit derselben Klarheit in einem zweiten Bande die irrationalen und transzendenten Kurven behandelt würden. Damit muß allerdings das Gebiet der Wechselstrommaschinen, an das der Verfasser in erster Linie gedacht hat, verlassen werden.

Feldtkeller

DK 517.2 (083.5)

**Numerische Behandlung von Differentialgleichungen.** Von Dr. Lothar Collatz. (Bd. LX von: Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften.) Mit 458 S., 110 B., Format 16×24 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis kart. 45,— DM, Glw. 48,— DM.

In dem vorliegenden Buch sind die wichtigsten numerischen Verfahren zur Lösung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen dargestellt, wobei besonders den Ingenieuren und Physikern an zahlreichen durchgerechneten Beispielen die allgemeinen Methoden nahegebracht werden. An elektrotechnischen Beispielen seien besonders genannt: der Einschaltvorgang bei einer Drosselspule mit Eisenkern, die Wirbelstromdichte in einem massiven Metallzylinder, die Behandlung der Kabelgleichungen, sowie verschiedene Probleme der Potential-Theorie. Bei der großen Bedeutung, die in der Praxis der wirklichen Auswertung einer Differentialgleichung bis zum zahlenmäßigen Ergebnis zukommt, wird dieses zusammenfassende Werk des bekannten Mathematikers auch allen theoretisch arbeitenden Elektrotechnikern von großem Nutzen sein.

U. Graf

DK 535.6 (022.3)

**Farbe und Farbwahrnehmungen.** Von Dr. P. J. Bouma (I. d. Rh. Philips' Technische Bibliothek). Mit 358 S., 113 B., 1 Taf., Format 16×23,5 cm. Deutsche Philips-Gesellschaft, Hamburg 1951. Preis Glw. 23,50 DM.

Es ist erfreulich festzustellen, daß überall das Interesse für die exakte Farbenlehre wächst. Wenn dem Suchenden auf diesem Gebiet dazu solch vorzügliche Bücher wie das vorliegende zur Verfügung stehen, besteht berechnigte Hoffnung, daß die Irrwege, die man mangels exakter Kenntnisse vielfach gegangen ist, immer mehr vermieden werden können. Das Buch von Bouma, des leider 1947 verstorbenen holländischen Forschers, liegt jetzt nach der holländischen

Originalausgabe und der englischen und französischen Übersetzung nun auch in deutscher Sprache vor. Es umfaßt die naturwissenschaftliche Seite der Farbenlehre, die physikalischen Tatsachen und die physiologischen Gegebenheiten des Farbsehens, vor allem aber die niedere und höhere Farbmétrie als Kernstück. Die zahlenmäßige Beschreibung und die graphische Darstellung der Farben (d. h. der Farbvalenzen) steht also im Mittelpunkt. Dem Fachmann vermittelt das Buch eine Fülle von Material, vorzüglich gesichtet und meisterhaft dargestellt; demjenigen, der sich in das Gebiet einarbeiten will, wird eine durchsichtige und einleuchtend formulierte Einführung geboten. Ein Schriftumsverzeichnis von 23 Seiten führt weiter zu den Spezialarbeiten. Die Übersetzung ins Deutsche ist vorzüglich gelungen; dem Bearbeiter und Herausgeber W. de Groot ist offensichtlich noch manche Feinheit in der Darstellung zusätzlich zu danken. Lediglich mit dem nur in der deutschen Ausgabe eingeführten Anhang über die Farbgleichungen vermag sich der Referent nicht zu befreunden.

Manfred Richter

DK 537 (022.1)

**Elektrizität.** Von Sir Lawrence Bragg. Mit 273 S., 138 B., Format 14×21 cm. Springer-Verlag, Wien 1951. Preis kart. 12,— DM.

Der bekannte englische Nobelpreisträger wendet sich mit diesem Buch an einen sehr weiten Leserkreis, dem er in gemeinverständlicher Darstellung die Erkenntnisse über die Gesetze und Anwendung der Elektrizität offenbart. Der Inhalt des Buches ist in sechs Hauptabschnitte eingeteilt. 1. Was ist Elektrizität, 2. Bewegte Elektrizität, 3. Motor und Dynamomaschine, 4. Unsere Stromversorgung, 5. Telegraph und Telephon, 6. Elektrische Schwingungskreise. Jeder dieser Abschnitte enthält mehrere Unterabschnitte. Ausgehend von den ersten Versuchen der Reibungselektrizität bzw. der Voltaschen Säule wird der interessierte Laie zum Erkennen der Wirkung der geheimnisvollen Urkraft Elektrizität und ihrer modernsten technischen Anwendung geführt. Dies gelingt dem Autor in beispielgebender Weise durch sein höchstes Wissen und größte didaktische Gabe. Doch auch der Fachmann liest dieses Buch in seinen Mußstunden mit innerer Freude und wahrem Genuß. Zweifellos füllt dieses Werk eine empfindliche Lücke in der populärwissenschaftlichen Literatur aus und es ist ihm daher weitestgehende Verbreitung zu wünschen.

E. Klus

DK 621.31 (023.4)

**Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Schönfeld. Mit 258 S., 296 B., Format 17×24 cm. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1951. Preis geb. 19,— DM.

Da der Titel des Buches mannigfaltige Vermutungen über seinen Inhalt nahelegt, sei dieser kurz angedeutet. Nach einer nützlichen Vorbetrachtung über physikalische Größen, das Wesen der Naturgesetze und die durchwegs angewandten Größengleichungen werden in vier großen Kapiteln die elektrischen Erscheinungen in Leitern und Nichtleitern, die elektromagnetischen Erscheinungen und schließlich als bevorzugte Anwendung die sinusförmigen Wechselströme behandelt. Der Verfasser verzichtet bewußt auf das Handwerkszeug, das komplexe Rechnung, allgemeine Netzwerktheorie, Vektoranalysis, Differentialgleichungen usw. uns zur Verfügung stellen, so daß dem Buche keine Anweisung zur theoretischen Durchdringung verwickelterer Anordnungen entnommen werden kann. Trotzdem ist der beträchtliche Umfang des Werkes in vollem Maße durch die große Sorgfalt in der Definition der physikalischen Größen und die anschauliche Beschreibung der Naturgesetze, durch die stets zweigleisig geführte örtliche und energetische Betrachtungsweise, durch die kurzen und glücklich gefaßten Warnungen zur Bereinigung möglicher Mißverständnisse und nicht zuletzt durch die zahlreichen Anwendungshinweise gerechtfertigt. Sie sollen das Verständnis für die physikalischen Erscheinungen vertiefen, vermitteln aber zugleich dank gerechter Auswahl eine lebendige Vorstellung über die Konstruktionsgrundsätze in Stark- und Schwachstromtechnik und über die zur Verfügung stehenden Bausteine. Der Leser vermerkt mit Befriedigung, daß auch die anderswo meist nebensächlich behandelten Gebiete, wie etwa die wechselseitige Umformung von elektrischer Energie in Lichtenergie und insbesondere die Elektrochemie zu ihrem Rechte kommen, daß an Bildern nicht gespart wurde und daß Übungsbeispiele mit Lösungen die unerläßliche Mitarbeit ermöglichen.

Der Verfasser glaubt, wie beiläufig erwähnt sei, die Spannung nicht als Linienintegral, sondern als eine die Antrieberscheinung charakterisierende Größe erklären zu sollen und ordnet bei gleichem Vorzeichen der „Urspannung“  $E_{ab}$  den entgegengesetzten Pfeil zu wie dem „Spannungsabfall“  $U_{ab}$ . Auch bei der Kapazität ist nach Bild 135 neben der gewöhnlichen Spannung  $U_C$  von der entgegengesetzt gepfeilten Ur- bzw. Gegen-Ur-Spannung  $E_C$  die Rede. Ob diese Darstellung als besonders einfach empfunden wird und nicht eine der sonst im Buche erfolgreich bekämpften „Verwirrungsmöglichkeiten“ schafft, sei dahingestellt.

Das inhaltsreiche, klar und mit sorgfältiger Überlegung geschriebene Werk kann man jedem Studierenden der Elektrotechnik zur sicheren Einführung in sein Arbeitsgebiet, ebenso aber auch dem bereits mathematisch geschulten Leser empfehlen, der sich auf die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik besinnen will.

W. Bader

DK 621.314.21 (023.3)

**La pratique industrielle des transformateurs.** Von M. Denis-Papin. Mit 199 S., 152 B., zahlr. Taf., Format 16×25 cm. Verlag Albin Michel, Paris 1951. Preis geh. 640 frs.

So umfangreich das Fachschrifttum über Transformatoren bereits ist, das vorliegende Buch stellt hierzu eine wertvolle Bereicherung dar. Der bekannte Verfasser behandelt in 12 Kapiteln kurzgefaßt, jedoch überaus klar und leicht verständlich vor allem die praktischen Probleme, die Hersteller und Benutzer von Transformatoren interessieren.

Die 12 Kapitel umfassen in der Hauptsache: Allgemeines über Transformation, die verschiedenen Typen der Transformatoren, zusammengefaßte Theorie und Betriebsmerkmale, Schaltung der Dreiphasen-Wicklungen, Schaltgruppen und Parallelbetrieb, Kühlarten der Transformatoren, allgemeine Bemerkungen über die Konstruktion der Transformatoren, Spezialtransformatoren, Prüfung der Transformatoren im Versuchsraum, Trocknen und betriebsfertige Aufstellung der Transformatoren, praktische Gesichtspunkte für die Transformatorenberechnung, die unsymmetrischen Bauweisen. Zahlreiche Hinweise auf die Vorschriften der Electricité de France, vor allem hinsichtlich der Schaltgruppen für die Transformatoren der Verteilernetze (Kap. V), erhöhen den Wert des Buches. Die wichtigsten Prüfverfahren werden angegeben (Kap. IX); bezügl. weiterer Einzelheiten wird auf das bekannte Buch von M. Lapiné „Les essais des transformateurs industriels“ (Verlag Dunod, Paris 1949) verwiesen.

Besondere Beachtung verdient die umfassende Behandlung der unsymmetrischen Anordnungen und ihrer Folgen (Kap. XII), die im Fachschrifttum schon wiederholt behandelt worden sind. Sie beschränkt sich auf den wichtigen Fall der Längensymmetrie, die insbesondere für die Anordnungen und Regeltransformatoren eine große Rolle spielt (Streufelder, Kurzschlußkräfte, Zusatzverluste und -erwärmungen). Die angegebenen und in den Werkstätten der Firma Alstom in Saint Ouen praktisch erprobten Verfahren zur Ermittlung der zusätzlichen Streuinduktivitäten (mit Hilfe von Eisenfeilspänen) und der Kurzschlußkräfte (mittels Reberscher Waage) geben den Konstrukteuren die Möglichkeit, diese wichtigen Vorgänge gründlich zu erforschen und konstruktiv noch sicherer als bisher zu beherrschen.

Das ausgezeichnete Buch, ergänzt durch zahlreiche Fachschrifttumhinweise, wird für die Studierenden der Hoch- und Fachschulen, die Konstrukteure und Prüffeld-Ingenieure der Transformatorenfabriken und -reparaturwerke, aber auch die Netz-Ingenieure der Stromlieferwerke von größtem Nutzen sein.

H. Schulze

DK 621.385 : 621.396.61 (022.9)

**Senderöhren.** Das Verhalten von Pentoden, Tetroden und Trioden in der Sendeschaltung. Von Ir. J. P. Hevboert. Bearb. v. Ir. P. Zijlstra (i. d. Bücherreihe über Elektronenröhren, 7. Bd.). Mit 295 S., 256 B., 5 Taf., Format 16×23 cm. Deutsche Philips GmbH. Hamburg 1951. Preis Glw. 26.50 DM.

Das vorliegende Werk ist für den Röhrenverbraucher geschrieben und nicht für den Röhrenhersteller. Die Technologie der Senderöhren ist nur soweit dargestellt, als für das grundsätzliche Verständnis und die sachgemäße Anwendung der Röhren erforderlich ist. Das Schwerkewicht

<sup>1</sup> Besprochen in ETZ 72 (1951) S. 423.

<sup>2</sup> vgl. z. B. Rev. gén. Electr. 17 (1925) S. 755, 21 (1926) S. 770 u. 18 (1949) S. 3; Bull. schweiz. el. Ver. 14 (1923) S. 212 u. S. 245.

<sup>3</sup> vgl. a. Rev. gén. Electr. 54 (1945) S. 35.

des Stoffes liegt auf dem Verhalten der Röhre in der Schaltung. Die Hauptkapitel behandeln die Triode, Tetrode und Pentode als Sendeverstärker, die Modulation des Sendeverstärkers, die Senderöhre als Oszillator und als Frequenzvervielfacher. Die Darstellung ist wie bei allen Büchern der Philips' Technischen Bibliothek vorbildlich, klar und erschöpfend. Die Erfahrungen eines großen Röhrenwerkes und seiner Kunden sind sehr geschickt zusammengefaßt. Beschrieben werden nur die gesicherten Erkenntnisse; Entwicklungen, die sich noch im Fluß befinden, wie z. B. Röhren für höchste Frequenzen, werden nicht dargestellt. Die Grundlage der Behandlung ist stets das statische Kennlinienfeld.

Allen Elektrotechnikern, die sich mit Röhrensendern eingehend beschäftigen wollen, ist das Buch sehr zu empfehlen. Es dürfte kaum eine zweite so gründliche und so einfach lesbare Zusammenfassung dieses Stoffgebietes geben. Dies gilt uneingeschränkt trotz des werbenden Charakters, der aus der Berücksichtigung der Erzeugnisse von nur einer Firma entspringt und der auch ein maßgeblicher Gesichtspunkt für die Herausgabe des Buches gewesen sein dürfte.

F. W. Gundlach

DK 621.396 (022.3)

**Schule des Funktechnikern.** 4. Bd.: Sondergebiete. Von H. Günther und H. Richter. 7., erw. Aufl. Mit 413 S., 538 B., Format 18×26 cm. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1951. Preis Hlw. 36,— DM.

Als letzter von insgesamt vier Bänden befaßt sich das vorliegende Buch mit den Sonder- und Grenzgebieten der Funktechnik. In besonderen Kapiteln werden die Fernsehtchnik, die Ultrakurz- und Dezimeterwellen und die Elektronenoptik behandelt. Eingegangen wird ferner auf Tonfilm, Magnetophon, Ultraschall, Leitungsfunk, Bildtelegraphie, Funkgeologie, Hochfrequenzwärme, medizinische und weitere Grenzfragen.

Die Darstellungen stützen sich auf eine gute textliche Fassung der physikalischen Vorgänge und deren technische Anwendung. Das Verständnis für das Gebotene wird durch eine Vielzahl von Abbildungen wie Schaltungen, Diagrammen, Strichzeichnungen und Photographien besonders gefördert. Die gewählte Gliederung gestattet ein rasches Zurechtfinden in der Fülle des erfaßten Stoffes, wobei durch sichtbare Hervorhebungen des Wesentlichen die Einführung erleichtert wird. Wie auch in den ersten Bänden werden Aufgaben und Lösungen vermittelt, die dem Interessierten ein gutes Eindringen in die Materie ermöglichen.

Das Buch wendet sich, wie ja schon der Titel sagt, an die Techniker. Es schien daher notwendig, auf die durch eine breitere Anwendung der Mathematik mögliche Begründung vieler Tatsachen zu verzichten, d. h. mathematische Formulierungen auf ein Geringstmaß zu beschränken. Dies ist den Verfassern gut gelungen, so daß anzunehmen ist, daß das Buch in dieser breiten Schicht von Berufstätigen gut aufgenommen werden wird. Man wird aber bezweifeln dürfen, ob der aus dem Handwerklichen kommende Funkfachmann aus der Stofffülle allzuviel Nutzen zu ziehen vermag. Für den wissenschaftlich geschulten Hochfrequenz-Ingenieur kann das Buch als gute Übersicht dienen, das ihm das Eingehen auf Sonderfragen erleichtert.

K. Kohler

DK 621.397 (022.2)

**Fernsehen für alle.** Von Heinz Richter. Mit 262 S., 127 B., Format 13,5×20 cm. Franck'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1951. Preis Hlw. 9,80 DM.

Das Buch behandelt die besonderen Aufgaben und technischen Anforderungen der Fernsehtechnik von der Aufnahme bis zur Wiedergabe. Die Darstellung ist wie bei allen Aufsätzen und Büchern des bekannten Verfassers klar und leicht verständlich. Sie gibt einen guten Überblick über den neuesten Stand der Fernsehtechnik. Das Buch verzichtet auf spezielle Einzelheiten und mathematische Berechnungen, vermittelt aber dem aufmerksamen Leser, der über keine eingehenden Kenntnisse auf diesem Gebiet verfügt, die Grundlagen und eine Fülle von Anregungen, die es ihm ermöglichen, auch den speziellen Veröffentlichungen in der Fachliteratur zu folgen. Sehr wertvoll ist ferner ein Anhang mit einer Zusammenstellung der wichtigsten Formeln der Fernsehtechnik. Ein Schaltbild eines großen amerikanischen Fernsehempfängers mit den technischen Daten und einer eingehenden Beschreibung im Textteil faßt die in den einzelnen

Kapiteln besprochenen Bauteile zu einem vollständigen Gerät zusammen. Das Buch, das als 3. Band der „Radiotechnik für alle“ erschienen ist, behandelt nicht die UKW-Sende- und Empfangstechnik, weil sich bereits der 2. Band dieser Buchreihe damit eingehend befaßt. Das auch in drucktechnischer Hinsicht gut ausgestattete Werk kann als Einführung allen an der Technik des Fernsehfunks interessierten Kreisen bestens empfohlen werden.

H. Brandt

DK 621.3 (083.1)

**Elektrotechnische Sprechstunde.** Von Dipl.-Ing. A. G. Arnold. 2., überarb. Aufl. Mit 247 S., 121 B., Format 15×21 cm. Carl Marhold Verlagsbuchhandlung, Halle a. S. 1951. Preis geh. 8,50 DM, geb. 10,— DM.

In der ETZ 71 (1951) S. 54 wurde die erste Auflage bereits besprochen. Eine zweite (kaum veränderte) Auflage wurde bald erforderlich und nach dem Tode des Verfassers von dessen Ehefrau und Mitarbeiterin herausgebracht. Das Buch hat auch heute noch einen Wert als Ratgeber zur Lösung selten vorkommender praktischer Aufgaben.

E. Homolatsch

DK 621.315.2 (085)

**DK-Berichte über Energiekabel.** Hrsg. Dr. phil. habil. H. W. Droste im Auftrag des Kabelwerk Duisburg. Mit 116 S., 48 B., Format 14,5×21 cm. Duisburg 1951.

Das Kabelwerk Duisburg beginnt mit dem vorliegenden Bändchen eine Schriftenreihe, die in gewissen Zeitabständen durch weitere Folgen zu einem Buch über Energiekabel ergänzt werden soll. Außer den Abhandlungen über Erzeugnisse des eigenen Werkes werden auch zusammenfassende Darstellungen über die Ergebnisse der Entwicklungsarbeiten aus der gesamten Kabelindustrie des In- und Auslandes gegeben.

Die vorliegende Reihe I bringt zunächst im Abschnitt 1.1 einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung des Kabelwerk Duisburg.

Im Abschnitt 1.2 berichtet Dr. habil. H. W. Droste über „Die historische Entwicklung der Energiekabel im Lichte neuerer Erkenntnisse“. Dabei wird jeweils aufgezeigt, wie die in der allgemeinen Starkstromtechnik und später in der Hochspannungstechnik erzielten Fortschritte die Entwicklung der Kabeltechnik im In- und Ausland beeinflußt haben. Dann erörtert der Verfasser die Versuchsergebnisse, die im Laufe der Jahre die Vorstellungen über die Vorgänge im Dielektrikum vertieft und sich damit auf den Kabelaufbau und die Herstellungsverfahren entscheidend ausgewirkt haben. So führt diese Entwicklungsgeschichte von den Niederspannungskabeln über Mittel- und Hochspannungskabel zu einer eingehenden Beschreibung der Kabelsysteme, die in den einzelnen Ländern zur Energieübertragung bei Höchstspannungen bis zu 400 kV entwickelt worden sind. Gegenüberstellungen zeigen, in welchem Umfang diese einzelnen Höchstspannungskabelarten heute schon in die Praxis eingegangen sind. Darüber hinaus werden von einigen besonders bemerkenswerten Anlagen kennzeichnende Einzelheiten des jeweiligen Kabelaufbaues mitgeteilt. Ein reichhaltiges Schrifttumsverzeichnis weist auf die benutzten Quellen hin.

Diese zusammenfassende Darstellung bringt dem Kabelfachmann eine gedrängte Übersicht über sein Arbeitsgebiet und dem Fernerstehenden einen vielseitigen Einblick in die Probleme der Kabeltechnik. Allerdings hätten es die auf dem Gebiet der Höchstspannungskabeltechnik arbeitenden Fachleute vielleicht lieber gesehen, wenn der Verfasser für die verschiedenen Kabelsysteme keine neuartigen Bezeichnungen gewählt hätte.

Im Abschnitt 6.2 der gleichen Reihe I nimmt unter „Verlegung und Montage“ Dr. habil. H. W. Droste zu dem Thema „Über Montagearbeiten an Kabeln, die unter Spannung stehen“ Stellung. Von den maßgebenden VDE-Vorschriften ausgehend und in Anlehnung an die Anweisungen der BEWAG beschreibt der Verfasser Maßnahmen, welche die Monteure bei der Arbeit im Kabelnetz sichern sollen.

G. B u B

DK 531/534 (022.3)

**Mechanik für Ingenieure.** Bd. I: Statik / Dynamik. Von Prof. Dr.-Ing. Heinrich Heyde. Mit 322 S., 305 B., Format 16 mal 24 cm. BG. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1950. Preis Hlw. 13,40 DM.

In klarer, eingehender Darstellung werden die Grundgesetze der Mechanik mit vielfachen praktischen Folgen wiedergegeben. Nach einer Einführung (12 Seiten) sind 92 Seiten den Grundlagen der Statik nebst Anwendung auf ebene Fachwerke und Reibung gewidmet. Es folgen dann 215 Seiten Dynamik, aufgegliedert in Kinematik, Kinetik und Anwendungsgebiete der Dynamik (Schwingungen, Kurbeltrieb, Kreisel, Stoß fester Körper). Ein ausführliches Sachverzeichnis erleichtert die Benutzung des Buches. Von besonderem Wert sind die zahlreichen (120) Übungsbeispiele, die in ausführlicher Weise ohne Langatmigkeit an praktischen Aufgaben die Anwendung des Vorgetragenen entwickeln und damit den Übergang von der Theorie zur Praxis lehren.

Das Buch kann nicht nur dem Anfänger für die Vorbereitung zum Vorexamen empfohlen werden. Es bietet auch dem im Berufsleben stehenden Ingenieur jeder Fachrichtung eine wertvolle Hilfe, wenn er sich über die theoretischen Grundlagen der Mechanik und deren Übertragung in die Praxis aufs Neue vergewissern will. W. Uhrig

DK 62.002.2 (022.5)

**Berechnung der Maschinenelemente.** Von Dipl.-Ing. M. ten Bosch f. 3., 3. erg. Aufl. Mit 534 S., 926 B., Format 20×27,5 cm. Springer-Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951. Preis Glw. 45,— DM.

Das bekannte Buch des kürzlich verstorbenen Verfassers, das in der dritten Auflage vorliegt, wird dem Studierenden und berufstätigen Ingenieur ein wertvolles Rüstzeug, vor allem durch die eingehende Behandlung der grundlegenden Probleme sein. Gegenüber der zweiten Auflage sind einzelne Abschnitte erweitert und ergänzt worden, wobei die neuesten Forschungen berücksichtigt wurden. Hier sei vor allem der Abschnitt über die angewandte Festigkeitslehre genannt, in dem auf wissenschaftlicher Grundlage die Wege für die Berechnung der auftretenden Spannungen und Formänderungen gezeigt werden. Wertvoll sind auch die Ergänzungen bei den einzelnen Maschinenelementen, doch sind nicht alle in dem ihrer Bedeutung entsprechenden Umfange behandelt. Man wird aber entschädigt durch die zahlreichen, sorgfältig ausgewählten und nach Gebieten geordneten Schrifttumsangaben, die zur besseren Übersicht in der vorliegenden Auflage am Schluß des Buches gebracht werden. Das Buch kann jedem Konstrukteur sehr empfohlen werden. T. Tschack

DK 621.01 (023.2)

**Neuzeitliche Maschinenelemente.** Von Franz Findeisen. I. Bd. Mit 224 S., 122 B., 25 Taf., Format DIN A 5. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1950. Auslieferung: Carl Meyer, Buch- u. Zeitschriftenvertrieb, Frankfurt a. M. Preis Glw. 14,— DM.

Das Schweizer Druck- und Verlagshaus legt in einer Schriftenreihe „Neuzeitliche Maschinenelemente“ den 1. Band vor. Es werden in Bd. 1 in ausführlicher Darstellung behandelt: Normungszahl, Paßtechnik und Preßpassung.

In der Technik wird seit vielen Jahren daran gearbeitet, immer wieder vorkommende Maschinenteile zu typisieren, d. h. durch Normung zu vereinfachen und festzulegen. Die Erfolge sind erheblich, die Halbzeugsortierung ist vereinfacht, der Werkzeugbedarf beschränkt und Lieferzeiten und Preis sind wesentlich beeinflusst. Bei der Suche nach zahlenmäßigen Zusammenhängen zwischen gleichen Teilen verschiedener Größe und Belastung ergab sich als sinnvoll die geometrische Stufung der Normzahlen, die Typenzahl ist erheblich kleiner als bei arithmetischer Stufung. Die Normzahlen gestatten die rasche Bestimmung der Hauptabmessungen ganzer Maschinenserien.

Im Abschnitt Paßtechnik wird ein zeichnerisches Verfahren zur Festlegung der Abmaße unter Berücksichtigung der Ausdehnungskoeffizienten verschiedenartiger Werkstoffe bei hohen oder tiefen Temperaturen angegeben. Zur Verkürzung der Fertigungszeiten und zur Einsparung von Werkstoff sind Preßpassungen sehr geeignet.

Die Darstellung im Text ist breit und in der Übersichtlichkeit nicht immer glücklich. Dafür wurde aber das Wesentliche am Schluß des Buches sehr anschaulich mit Berechnungsbeispielen auf zahlreichen Konstruktionsblättern zusammengefaßt. Für die Arbeit im Konstruktionsbüro sind diese Zusammenstellungen wertvoll.

F. W. Winter

DK 621.74 (023.2)

**Gießereitechnik.** Bd. I: Eisengießerei. Von Dr.-Ing. habil. Hans Jungbluth. Bd. 1159 d. Sammlg. Göschen. Mit 126 S., 44 B., Format 10×15,5 cm. Walter de Gruyter & Co. Berlin 1951. Preis geb. 2,40 DM.

Der Verfasser ist ein seit langen Jahren auf dem Gebiete der Gießereitechnik bekannter Fachmann. Es war ihm deshalb geläufig, in diesem Büchlein die Abschnitte über Roh- und Brennstoffe, Ofenanlagen der Eisengießereien, allgemeine Erscheinungen beim Gießen sachgemäß zu behandeln. Die Abschnitte über Formen, Gießen, Putzen, Wärmebehandlung, Oberflächenschutz, Sondergießereien (Hartgüß-, Schleudergießerei) sind verhältnismäßig etwas zu knapp bemessen, vor allem müßten die Gießereimaschinen ihrer heutigen Bedeutung entsprechend ausführlicher berücksichtigt werden; dafür könnten die Ausführungen über die Siemens-Martin-Ofen und Kleinkonverter fortfallen, die für die Stahlguß-, nicht aber für die Eisengußherzeugung (siehe Untertitel) dienen. Auch interessiert sich der Leser für das sphärolithische Gußeisen, den Heißwind-Kupolofenbetrieb usw. Diese kleinen Mängel sollten jedoch den Wert des Büchleins in keiner Weise beeinträchtigen.

H. Kalpers

DK 621.785.6 (023.2)

**Brennhärten.** Von Dr.-Ing. H. W. Grönegreß. 2. verb. Aufl. (H. 89 d. Werkstattbücher). Mit 66 S., 73 B., Format 15,5×23 cm. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950. Preis geb. 3,60 DM.

Das vorliegende Werkstattbuch von H. W. Grönegreß, dessen Erstauflage 1942 erschien, bietet eine zusammenfassende Darstellung dieses neuen Härteverfahrens, das sich infolge seiner Vorzüge rasch in die Werkstattpraxis eingeführt hat. Unterstützt durch zahlreiche gut gewählte bildliche Darstellungen der verschiedenen Verfahrensvarianten und Anwendungsfälle stellt es eine vorzügliche Einführung in diese junge Technik dar. Die den letzten Stand berücksichtigende Neuauflage dürfte daher von Lehrern und Studierenden begrüßt werden, und auch dem Praktiker ein willkommener Ratgeber sein.

A. Schwarz

## Eingänge

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten.)

**Die Fakultät (Gammafunktion) und verwandte Funktionen.** Bearbeit. Prof. Dr. F. Lössch. Mit 205 S., 22 B., Format 15×21,5 cm. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1951. Preis geb. 16,80 DM.

**Elektroakustik.** Bd. 1: Allgemeine Anlagentechnik. Von Obering. H. Petzoldt. Mit 203 S., 226 B., 23 Taf., Format 16,5×23 cm. J. Böhrig-Berger Verlag, Köln-Ehrenfeld 1951. Preis Hlw. 10,50 DM.

**Oberflächenbehandlung in der Blechverarbeitung.** Berichte Folge 2 der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung e. V., Düsseldorf 1951. Mit 76 S. 78 B., 2 Taf., Format 21×29,5 cm. Preis 6,50 DM.

**Radio-Praktiker-Bücherei.** Format 11,5×17,5 cm. Franzis-Verlag, München 1951. Preis je Heft 1,20 DM. Heft 17: **Prüfsender für UKW-Empfänger.** Selbstbau und Selbstprüfung. UKW-Meßgeräte Teil 1. Von Dipl.-Ing. F. Schiffer u. Ing. F. Wolletz. Mit 64 S., 57 B. Heft 33: **Röhrenvoltmeter.** Von Ing. O. Limann. Mit 64 S., 60 B. Heft 34: **Einzelteilprüfung.** Von Ing. O. Limann. Mit 60 S., 42 B., 3 Taf. Heft 35: **Wegbereiter der Funktechnik.** Von W. Möbus. Mit 64 S. Heft 36: **Die Prüfung des Zwischenfrequenz-Verstärkers und Diskriminators beim UKW-Empfänger.** UKW-Meßgeräte, Teil 2. Von Dipl.-Ing. R. Schiffer u. Ing. F. Wolletz. Mit 58 S., 50 B.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. Volker Fritsch, Elektrotechn. Inst. d. Techn. Hochschule, Wuppertal-Gußhausstr. 25

A. Kaltofen, AEG, Stuttgart-Bad Cannstatt, Deckerstr. 5

Dr.-Ing. Hans Kleinwächter, Stelle Nr. 45 üb. Hannover

Dr.-Ing. H. Rössch, Bad Honnef, Luisenstr. 3

Dr. S. Sawade, Telefunken GmbH, Hannover, Göttinger Chaussee 7

Diesem Heft liegt ein Prospekt der Rheinischen Draht- und Lehtwerke GmbH., Köln-Riehl, bei, den wir zu beachten bitten.

Abschluß des Heftes: 26. November 1951

Schriftleitung: Dr.-Ing. P. Jaccottet. — Zuschriften für die Schriftleitung nicht an eine persönliche Anschrift, sondern nur an: Schriftleitung der ETZ, Wuppertal-Elberfeld, Briller Str. 99. Postfach 1144, Fernruf 377 61. Verlag: VDE-Verlag GmbH., Wuppertal-Elberfeld, Briller Straße 99. Postschloßfach 1144, Fernruf 379 59. Postscheckkonto Köln 987 41. Zweigstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33. Anzeigenannahme: VDE-Verlag GmbH., wie oben. Bezugsmöglichkeit: Für VDE-Mitglieder durch den VDE-Verlag (Preis DM 12,80 halbj., einschl. Zustellgebühr), für Nichtmitglieder durch den Buchhandel (Preis DM 18,— halbj., zuzügl. Zustellgebühr). Druck: F. W. Rubens, Uta i. W.



# ETZ

UNI  
OF MICHIGA  
FEB 8 1952  
ENGINEERING  
LIBRARY

## ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

### INHALT

Das Verhalten der Stromwandler im Überstromgebiet. A. Kaltöfen. 707  
 Auswirkungen des Kurzschlusses einer Spulengruppe von Transformatorenwicklungen in Reihenparallelschaltung. H. Rösch. 711  
 Eine Wanderfeldröhre ohne Verzögerungsleitung. H. Kleinwächter. 714  
 Geoelektrische Baugrunduntersuchungen an Staumauern. V. Fritsch. 717  
 Bemerkungen zur Strahlergruppentechnik. S. Sawade. 720

### Rundschau

Elektrische Maschinen, Transformatoren und Stromrichter. 710 — Ein 30/40 MVA-Spartransformator. 713 — Kraftwerkpläne in Frankreich. 721 — Der Vollausbau der Wasserkraft des Ossau-Tales und des Biou-Wasserfalles. 721 — Ausbau der Wasserkraft in Königswusterhausen. 722 — Die Baukonstruktionen des Osborne-„B“-Kraftwerks. 722 — Neue Maschinensätze in der Dennison-Dam-Anlage. 722 — Kritische Bemerkungen zu den letzten Strompreiserhöhungen. 722 — Über bemerkenswerte Schaltvorgänge in Hochspannungsnetzen. 723 — Das Verhalten der Höchstspannungs-Übertragungsleitungen Doover Dam — Los Angeles bei Gewittern. 723 — Die neue Alpenleitung der ATEL. 724 — Neuartiges Verkabelungssystem. 724 — Stromerzeuger mit 19 000 U/min. 725 — Neue Konstruktionsgrundsätze für den Bau von Kollektoren. 725 — Deutscher dieselektrischer Schwerlast-Schwimmkran mit Wippausleger. 725 — Zur Einführung des absoluten Ohms. 726 — Ein elektronischer Drehzahlmesser. 726 — Millimeterwellen. 726 — Über die Anwendung von Germaniumtrioden für die Verstärkung niederfrequenter Wechselströme. 727 — Eine elektrosta-

tische Speicherröhre. 727 — Seekabel mit versenkten Verstärkern. 727 — Neue deutsche Fernsendeder. 728 — Amerikanisches Fernsehen in Berlin. 728 — Elektrische Gradienten in langen Funkenkanälen in Gasen und die Ausdehnung der Funkenkanäle. 728 — Untersuchungen mit dem Spitzenzähler an frisch bearbeiteten Nichtmetallflächen und bestrahlten Kristallen. 729 — Neue korrosionsbeständige Werkstoffe im Ausland. 729 — Eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten von Ferriten. 730 — Ein Beitrag zur Struktur der Technischen Hochschulen. 730

### Verschiedenes

VDE: Messeheft 1952 der ETZ. 720 — Vorschriften für Elektrozaungeräte. 731 — Außerkräftsetzung von VDE-Bestimmungen für Isolierstoffe. 731 — VDE 0710 „Leuchten“. 731  
 Buchbesprechungen: W. Michael: Ortskurvengeometrie in der komplexen Zahlenebene. 731 — L. Collatz: Numerische Behandlung von Differentialgleichungen. 731 — P. J. Bouma: Farbe und Farbwahrnehmungen. 731 — L. Bragg: Elektrizität. 732 — H. Schönfeld: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. 732 — M. Denis-Papin: La pratique industrielle des transformateurs. 732 — J. P. Heyboerff, P. Zijlstra: Senderöhren. 732 — H. Günther u. H. Richter: Schule des Funktechnikers. 733 — H. Richter: Fernsehen für alle. 733 — A. G. Arnold: Elektrotechnische Sprechstunde. 733 — H. W. Droste: DK-Berichte über Energiekabel. 733 — H. Heyde: Mechanik für Ingenieure. 733 — M. ten Bosch f: Berechnung der Maschinenelemente. 734 — F. Findeisen: Neuzeitliche Maschinenelemente. 734 — H. Jungbluth: Gießereitechnik. 734 — W. Grönegreß: Brennhärten. 734  
 Eingänge: 734

### DREHSTROM-KOLLEKTORMOTOREN DRP

GRÖSSTER LEISTUNG

FÜR SCHWIERIGSTE

REGELANTRIEBE

1200/900 kW,

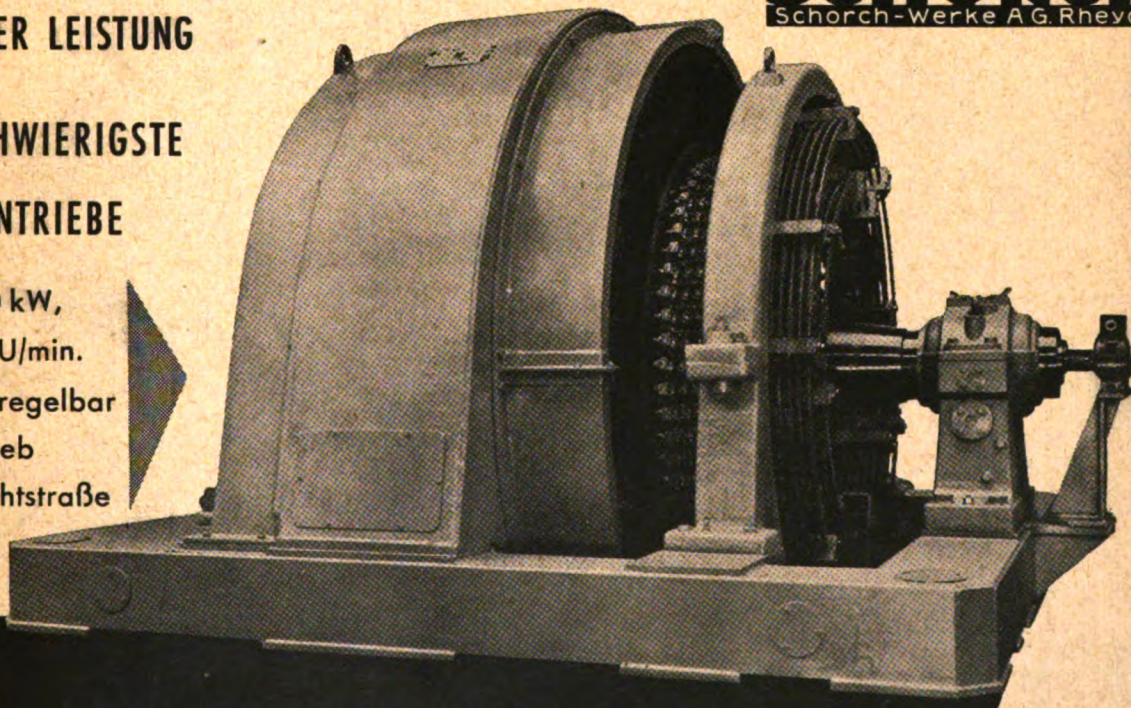
655/495 U/min.

stufenlos regelbar

zum Antrieb

einer Drahtstraße

**SCHORCH**  
Schorch-Werke AG. Rheydt



# SCHORCH-WERKE AG. RHEYDT



# Carstens

## ISOLIERMATERIAL

Für den Bau von Maschinen und Apparaten werden mancherlei Isolierstoffe benötigt. Der Bezug derselben

### AUS einer HAND!

gewährleistet Ihnen ein störungsfreies Arbeiten und gibt Ihnen Gewähr für Zuverlässigkeit und Erfüllung Ihrer Ansprüche.



### I. Isoliermaterialien für den Kollektor-Maschinenbau

**Isoliertränklacke, Überzuglacke, Drahtlacke und Compoundmassen**, auch in tropenfester u. explosions sicherer Ausführung

**Mikanit** in Platten und Formstücken, hart und flexibel, Glasmikanit, Oval-, Rund- und Vierkantrohre, Kollektormanschetten, Nutenkästen

**Heizkörper-Isolierteile** aus Mikanit und Rohrglimmer

**Mikafolium** auf Schellack- und Asphaltbasis

**Glimmergewebebänder** aus Seide und Glasseide

**Naturglimmer-Isolierteile** für elektrische Röhren höchster Präzisionsausführung, Kondensatorscheiben, Zwischenlagscheiben

**Lack-Isolierstoffe** aus Baumwolle, Seide, Papier und Glasseide in ganzen Breiten und in Bändern, diagonal und gerade geschnitten

**Nuvolit - Nuten - Isoliermaterial** aus Pressspan mit Einlage von Triacetatfolie und Ölleinen, Pressspan mit Glimmereinlage

**Anker-Isoliermaterial**

### II. Isolierstoffe für Kabelverlegungen

**Vergußmassen** für Stark- und Schwachstrom lt. VDE-Vorschrift

**Hochspannungs-Wickelpapier**, vakuum-imprägniert, mit niedrigstem Verlustwinkel  $\tan \delta$  0.5 %

**Asphaltbänder, imprägnierte Jutestreifen, Isolierpappe, Dichtungskitt, Chatterton-Compound, Kabellacke, Schalttafelacke**

*Unsere Ingenieure u. Chemiker stehen Ihnen jederzeit beratend zur Seite*



**WILHELM CARSTENS**  
Fabrik für Elektro-Isoliermaterial - Lackfabrik  
**HAMBURG - WILHELMSBURG**

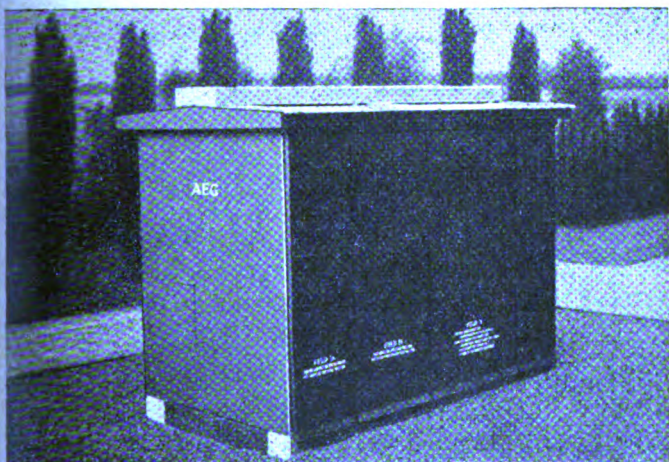


## Hochspannungs-Freiluft-Schrankanlagen.

Mit den stahlblechgekapselten Hochspannungs-Schrankanlagen wurde von der AEG eine neuartige Bauform von Netzstationen entwickelt, die (als Konstruktionen) mit ihrem witterungsunabhängigen Aufbau allen Anforderungen für eine Aufstellung im Freien entsprechen.

Transformatorstationen für die öffentliche Stromversorgung in Städten, für Industriebetriebe und auf dem Lande waren bisher entweder gemauerte Stationen, oder sie wurden in schon vorhandenen Gebäuden und teilweise auch unterirdisch angelegt. Auch sind Stationen in Blechkonstruktionen — z. B. Litfaß-Säulen — entwickelt worden, die in Großstädten zur Aufstellung kamen, jedoch in ihrer räumlich gedrängten Anordnung keine ideale Bauform darstellen.

Die nach modernsten Gesichtspunkten aufgebauten, neuartigen AEG-Hochspannungs-Schrankanlagen für Freiluft-Aufstellung werden in Reihenfertigung kurzfristig hergestellt. Sie erhalten als schlüsselfertige Stationen bereits in den AEG-Werkstätten ihren vollständigen, elektrischen hoch- und niederspannungsseitigen Ausbau. Der zellenmäßige Aufbau normaler Hochspannungs-Schaltanlagen bleibt hierbei weitgehend gewahrt. Diese Zellenbauweise ermöglicht es auch, die Anlagen jederzeit zu erweitern. Dank der unterteilten Felder können die Anlagen außerdem ohne besondere Schwierigkeit mit normalen Lastwagen zum Aufstellungsort transportiert, dort auf ein vorbereitetes leichtes Fundament gesetzt und zusammengesraubt werden.



Sie bilden dann eine Schaltanlage mit der gewünschten Zellenzahl, die von außen zu ebener Erde bei geschlossenen Stahltüren bedient wird und dem Bedienungspersonal guten Schutz gewährt. Als einzige Montagearbeit am Aufstellungsort sind einige Verbindungen herzustellen und die Hoch- und Niederspannungs-Kabelendverschlüsse zu montieren. Die Inbetriebnahme einer solchen Anlage kann innerhalb von 1 bis 2 Tagen nach Anlieferung erfolgen.

Durch die Einsparung des inneren Bedienungsganges ist der Grundflächenbedarf der Schrankanlagen gegenüber dem der gemauerten Stationen äußerst gering, was auch die Wahl des Aufstellungsortes erleichtert. Hinzu kommt, daß sich die

Anlage dem Straßenbild oder der Landschaft unaufdringlich einfügt. Ein einfaches Betonfundament oder nur eine kräftige Holzbohlenunterlage reichen als Unterbau aus. Die hiermit verbundene Kosteneinsparung wirkt sich besonders dann aus, wenn der Standort der Station gewechselt wird. Die Möglichkeit, jede Anlage durch späteres Hinzufügen neuer Schrankeinheiten erweitern zu können, erspart außerdem eine vorzeitige Investierung von Ausbaumitteln.

Zur Betätigung der Schaltgeräte befinden sich in den Stahlschranktüren verschließbare Schlitze, durch die hindurch der Schalthebel auf die Schalterantriebe gesteckt und dann bei geschlossenen Schrankblenden geschaltet werden kann. Die Beleuchtungsanlage innerhalb der Station gestattet, selbst bei geschlossenen Türen, eine einwandfreie Beobachtung der Schalterstellung durch den geöffneten Schaltschlitz.

Für Revisionszwecke und Reparaturarbeiten werden die großen Schranktüren nach oben aufgeklappt und mit Stützen gehalten. Das so geschaffene Regendach bietet Wetterschutz bei Montagearbeiten. Zusätzlich angebrachte Zeltbahnen als Seitenwände schaffen einen provisorischen Montageaum. Als optische Warnvorrichtung und zum Schutz gegen zufällige Berührung bei geöffneten Schranktüren hat jede Hochspannungszelle verschließbare Drahtgitter-Schutztüren. Die geschlossene Anlage gewährt vollkommenen Berührungsschutz gegen spannungführende Teile. Entsprechende konstruktive Maßnahmen schützen die Anlage selbst vor Treibsand, Schnee und Regen.

Auch ein haltbarer und wirksamer Korrosionsschutz ist vorhanden. Das Dach erhält einen Sonderanstrich, der eine übermäßige Erwärmung durch Sonneneinstrahlung verhindert. Die Felder- und Zellentrennwände sind durch den Einbau mechanisch widerstandsfähiger, feuerfester Materialien gesichert. Eine wärmeisolierende Schicht zwischen dem 20 cm hohen Fundament und den Stahlblechschränken, die mit eingelegten Blechböden nach unten abgeschlossen sind, verhindert die Schwitzwasserbildung. Die Konstruktion ist so gestaltet, daß alle Innen- und Dachflächen von Luft umspült werden.

Von den bisher entwickelten Anlagen eignen sich einige Ausführungen als Einheitsstationen, die allen Anforderungen genügen, wie man sie an normale Netzstationen stellen kann. Zu diesen Stationen rechnen z. B. Anlagen mit Stich- oder Ringkabelanschluß und zusätzlichen Hochspannungs-Abgängen, die im Ausbau Leistungs-, Leistungstrenn- oder Trennschalter erhalten. Die verwendeten Geräte stammen aus der normalen Serienfabrikation für den hoch- und niederspannungsseitigen Teil der Anlage einschließlich eventuell geforderter Meßeinrichtungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit den normalen AEG-Freiluft-Schrankanlagen, die sich den örtlichen Verhältnissen jeweils anpassen lassen, grundsätzlich alle schaltungstechnischen Anforderungen erfüllt werden können. Im Vergleich zu der bisherigen Massiv-Bauweise bietet die neue Technik wesentliche Vorteile, da man nunmehr in der Lage ist, dem In- und Ausland fabrikfertig montierte Hoch- und Niederspannungs-Schaltanlagen zu bieten, die sich in gleicher Weise für Freiluft- wie für Innenraumaufstellung eignen.



Großfirma in Westberlin  
sucht

## Diplom-Ingenieure für Berechnung elektrischer Maschinen

Es kommen sowohl Anfänger als auch Herren  
mit Erfahrungen auf diesem Gebiet in Betracht.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen und Gehaltsan-  
spruch erb. unt. F. E. 8325 an Kuhl-Reklame, Berlin, SW 68,  
Jerusalemmer Str. 65/66.

Für unsere Verkaufsabteilung suchen wir zum möglichst baldigen  
Antritt einen

## Diplom-Ingenieur Fachrichtung Elektrotechnik

Alter nicht über 40 Jahre.

Derselbe muß in der Lage sein, die in der Verkaufsabteilung vor-  
liegende fachliche Korrespondenz stilgerecht und flüssig durch  
Diktat zu erledigen und gleichzeitig, wo erforderlich, die Interessen  
unserer Firma als beratender Ingenieur nach außen wahrzunehmen.

Bedingung: Repräsentatives Auftreten und gute Umgangsformen  
sowie absolute Kenntnis im Elektromaschinenbau, Transformato-  
renbau, möglichst auch Apparatebau, besonders vom Blickfeld  
der Isoliertechnik aus.

Es handelt sich um eine gut bezahlte Dauerstellung.

Handschriftliche Angebote mit Zeugnisabschriften und Lichtbild  
sowie Angabe von Referenzen erbeten an WILHELM CARSTENS,  
Fabrik für Elektro-Isoliermaterial — Lackfabrik, Hamburg-Wil-  
helmsburg, Georg-Wilhelm-Str. 183—185.

Gesucht werden

## Diplom-Ingenieur

als Abteilungsleiter und Oberingenieur

mit umfangreichen Erfahrungen für die Berechnung und Entwicklung  
von Drehstrommaschinen bis 1000 kW sowie

## jüngerer Diplom-Ingenieur

für Berechnung und Entwicklung von Drehstrommaschinen.

Nur Bewerber, die obigen Forderungen gerecht werden können,  
werden gebeten, ihren Lebenslauf mit Lichtbild, Zeugnisabschrif-  
ten, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins  
zu richten unter ETZ 017/51 an den Verlag.

Hüttenwerk im Ruhrgebiet sucht zur Unterstützung des Betriebs-  
chefs in der Elektrischen Abteilung jüngeren

## Elektroingenieur

(mögl. Dipl.-Ing.)

Verlangt werden gute Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Ge-  
biete der Starkstromtechnik bei Hoch- und Niederspannung und  
Dreh- bzw. Gleichstrom, insbesondere über elektrische Antriebe  
jeder Art, in Planung und Kalkulation sowie Montageüberwachung  
und Menschenführung.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften und  
Angabe von Gehaltsansprüchen u. A F 252 an Werbegesellschaft  
Edwin Müller KG., Hörter 1. W.

## Diplom-Ingenieur

als techn. Direktionsassistent von Rundfunkapparatefabrik in Süd-  
deutschland gesucht. Erwünscht sind energisches Auftreten, Erfah-  
rungen in Konstruktion und Fertigung von Fernmeldegeräten und  
Kenntnisse des Patentwesens.

Angebote unter St. M. 12 642 beförd. ANN.-EXP. CARL GABLER,  
Stuttgart-N, Calwer Str. 20.

Führendes Werk der Kabel- und Drahtseilmaschinen-Herstellung  
und des Allgemeinen Maschinenbaues sucht zum baldigen Eintritt

### 1. Dr. Ing. oder Dipl. Ing.

mittleren Alters, versiert in Konstruktionen, Entwicklung  
und Betriebstechnik, als technischer Leiter mit überdurch-  
schnittlichen Erfahrungen. Aussicht auf Prokura wird  
geboten.

### 2. Ingenieure als Konstrukteure

für Kabel- und Drahtseilmaschinen und allgemeinen Ma-  
schinenbau.

Es wollen sich nur Herren bewerben, die über eine mehrjährige  
Büro- und Betriebserfahrung des Spezialmaschinenbaues verfügen.  
Eilbewerbungen unter dem Zeichen „Direktion“, mit Referenzen,  
Lichtbild, handgeschriebenem Lebenslauf und Zeugnisabschriften  
sowie Gehaltsansprüchen erbeten unter ETZ 018/51 an den Verlag.

## Großfirma der Elektroindustrie

sucht

für die Abteilung Elektroofenbau einen überragenden

## Konstrukteur

als Leiter der Konstruktionsabteilung. Diplom-Ingenieure der  
Fachrichtung Elektrotechnik, die über grundlegende Konstruk-  
tionserfahrungen verfügen und Berechnungen von Hoch- und Mit-  
telfrequenzanlagen selbständig durchführen können, werden gebe-  
ten, ihre Unterlagen einzusenden unter ETZ 010/51 an den Verlag

## Patentfachmann als Sachbearbeiter

für südwestdeutsche Elektrofirma gesucht. Erfahrungen auf dem  
Gebiet der Thermodynamik erwünscht.

Angebote unter ETZ 400/50 an den Verlag erbeten.

Bedeutendes, westdeutsches Industrieunternehmen, Hersteller von  
Elektro-Haushaltgeräten und Kleinmotoren, sucht **erstklassigen**,  
selbständig arbeitenden

## Konstrukteur

mit nachweislichen Erfolgen auf den genannten Gebieten und  
mit gründlicher Betriebskenntnis der spanabhebenden und span-  
losen Verformung.  
Regelung der Wohnungsfrage möglich.  
Angebot mit handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild und Zeugnis-  
abschriften unter ETZ 003/51 an den Verlag.

# Rationalisierung der Energieverteilung durch Starkstrom-Kondensatoren.

Der Starkstrom-Kondensator hat sich seit langem als wirtschaftlichstes Mittel zur Blindstromerzeugung durchgesetzt. Seine betrieblichen Vorteile, besonders die geringen Eigenverluste und die Anspruchslosigkeit in der Wartung, kennzeichnen ihn als ideales Mittel nicht nur für die industriellen Abnehmer zur Einhaltung des tarifmäßig vorgeschriebenen

Leistungsfaktors, sondern auch für die Netze der Elektrizitätsversorgung, um die Überlastung von Transformatoren und Leitungen oder hohen Spannungsabfall, verursacht durch schlechten Leistungsfaktor, herabzusetzen. Für die industriellen Abnehmer ergeben sich dabei Ersparnisse, die je nach Tarif eine Amortisation der Kondensatorenanlage innerhalb

Widerstände bezogen auf 10 kV-Seite in Ohm/Phase

	Strang I			Strang II			Strang III		
	Trafo	Ltg.	Ges.	Trafo	Ltg.	Ges.	Trafo	Ltg.	Ges.
$R'$	6,1	2,1	8,2	5,7	3,6	9,3	5,6	8,3	13,9
$X'$	4,8	5,3	10,1	3,2	8,8	12,0	2,0	19,0	21,0

Kupferfreileitung,  $U_h = 10 \text{ kV}$ ,  $x_l = 0,4 \text{ Ohm/km}$

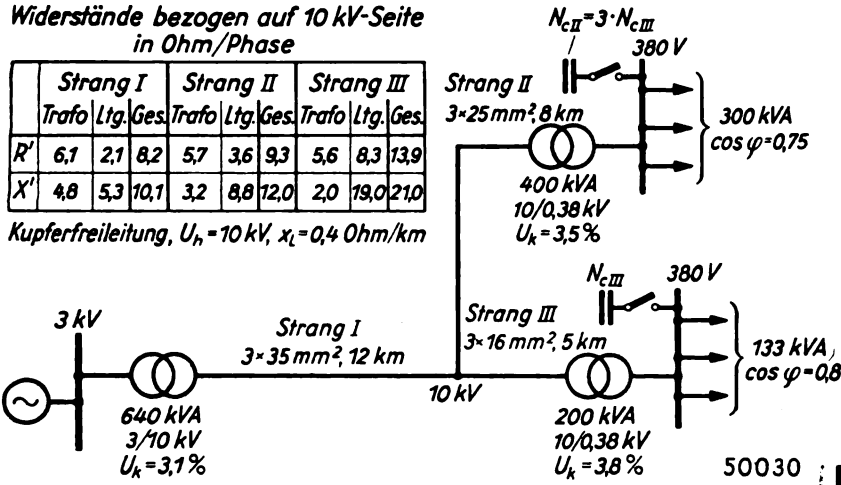


Bild 1

eines Zeitraumes von einem halben bis zu zwei Jahren ermöglichen. Für die Netze ist es gewöhnlich wirtschaftlicher, den Leistungsfaktor durch Einbau von Kondensatoren erst auf Werte zwischen 0,9 und 0,98 zu erhöhen, ehe die vorhandenen Anlagen erweitert werden. Weniger bekannt dürfte die Tatsache sein, daß sich die Blindstrom-Kompensation allein durch Einsparung von Übertragungsverlusten infolge Verringerung des Scheinstromes auch in Netzen lohnen kann, deren Betrieb durch schlechten Leistungsfaktor anscheinend nicht beeinflußt wird, wie das folgende Beispiel aus der Praxis beweist.

In Bild 1 ist das untersuchte Netz mit seinen Daten und Belastungen dargestellt. Der Leistungsfaktor bei den Abnehmern ist mit 0,75 und 0,8 verhältnismäßig günstig.

Die sich bei dem Einsatz verschiedener Kondensatorleistungen ergebenden Ersparnisse und die Spannungsverbesserung an den 380 V-Sammelschienen in den Netzstationen sind in der Tabelle zusammengestellt. Die Gesamtleistung der Kondensatoren ist dabei im Verhältnis 3:1 auf die Stränge II und III aufgeteilt.

- $N_c$  In der Tabelle bedeutet: Gesamtkondensatorleistung.
- $\cos \varphi$  Leistungsfaktor im Speisepunkt
- $N_v$  Stromwärmeverluste in Transformatoren und Leitungen.
- $\Delta N_v$  Verlusteinsparung gegenüber der nichtkompensierten Anlage unter Berücksichtigung der Spannungserhöhung und der Kondensatorverluste.
- $\Delta A_v$  Einsparung an Verlustarbeit gegenüber der nichtkompensierten Anlage bei 4000 Betriebsstunden im Jahr.
- $E_b$  Bruttoersparnisse bei 5,5 Dpfg/kWh.
- $K_a$  Anlagekosten einschl. Schaltgeräten und Montage bei heutiger Preisstellung.
- $k_a$  Kapitaldienst bei einem Verzinsungs- und Abschreibungsatz von 12,5%.
- $E_n$  Nettoersparnisse als Differenz zwischen Bruttoersparnissen und Kapitaldienst.
- $T$  Abschreibungszeit, wenn die Bruttoersparnisse restlos zur Amortisation verwandt werden.
- $u_{\%}$  Spannungsverbesserung an den 380 V-Sammelschienen.

$N_c$	$\cos \varphi$	$N_v$	$\Delta N_v$	$\Delta A_v$	$E_b$	$K_a$	$k_a$	$E_n$	$T$	$\Delta u_{\%}$
kVar		kW	kW	kWh Jahr	DM Jahr	DM	DM Jahr	DM Jahr	Jahre	%
0	0,755	26,0	—	—	—	—	—	—	—	—
40	0,81	22,6	3,4	13500	740	1500	188	552	2,03	0,7
120	0,9	18,3	7,7	30800	1690	4100	511	1179	2,42	1,9
200	0,97	15,6	10,4	41600	2290	6700	840	1450	2,93	3,2
280	1	14,7	11,3	45300	2490	9250	1155	1235	3,72	4,5

Die höchsten Netto-Ersparnisse erzielt man im vorliegenden Falle bei einer Kompensation auf  $\cos \varphi = 0,97$ . Die wirtschaftlichste Kondensatorleistung ist von Fall zu Fall abhängig von kWh-Preis, Kapitaldienst, Betriebsstundendauer und Belastungsverlauf. Maximale Brutto-Ersparnisse werden dagegen stets bei  $\cos \varphi = 1$  erreicht. Die Amortisationszeit von 2 bis 3,7 Jahren ist unbedeutend gegenüber der hohen Lebensdauer moderner Kondensatoren, die bei einwandfreier Fertigung nahezu unbegrenzt ist. Da außerdem mit der Belastung auch der Blindleistungsbedarf wächst, empfiehlt es sich, den Leistungsfaktor möglichst nahe an 1 heraufzusetzen, um Laststeigerungen in der Zukunft Rechnung zu tragen. Zur Vermeidung von Überkompensation in Schwachlastzeiten kann der Kondensatoreinsatz durch zeit- oder  $\varphi$ -abhängige Regelgeräte gesteuert werden.

Das Beispiel zeigt, daß der Einsatz von Starkstrom-Kondensatoren auch in solchen Netzen erhebliche Vorteile bringen kann, in denen die Betriebsverhältnisse auf den ersten Blick keine Maßnahmen zur Leistungsfaktorverbesserung erfordern. Eine Nachprüfung der ländlichen Mittelspannungsnetze dürfte ergeben, daß hier eine Möglichkeit zur Rationalisierung des Energietransportes besteht, die bisher nur in seltenen Fällen ausgenutzt wurde.

AEG-Niederspannungskondensatoren mit Leistungen von 10 bis 100 kVar, wie sie für diese Zwecke benötigt werden, sind im Bild 2 dargestellt.

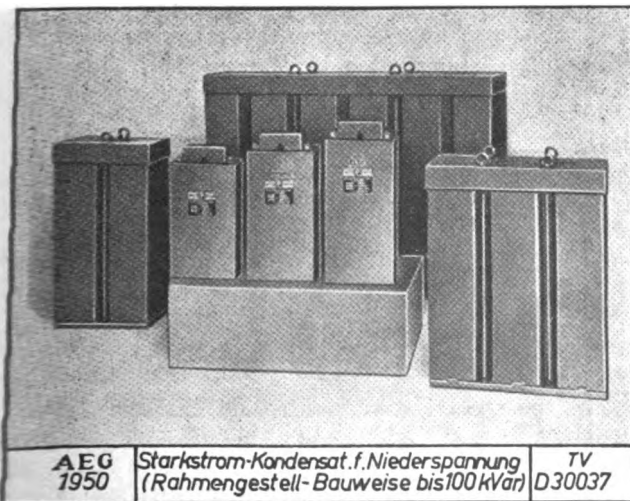


Bild 2





**Lack- und Dynamodrähte**  
*Glasseidendrähte*  
**„Thermodur“**  
*für thermisch hoch beanspruchte Wicklungen!*

**HACKETHAL**  
**DRAHT-UND KABEL-WERKE A. G.**  
**HANNOVER**



**Toschi**  
**KABELSCHUTZ-ROHRE**

maschinell hergestellt,  
 in Baulängen von 3 u.  
 4 m, mit fest angewalzter  
 Muffel Hohe mechanische  
 Festigkeit, geringes Gewicht,  
 leichte u. schnelle Verlegung.

**Toschi-Kabelschutzrohre**  
 werden von der Erdfeuchtigkeit  
 nicht angegriffen und sind völlig  
 unempfindlich gegen elektrische  
 Ströme (Irrströme)! Korrosions-  
 frei, daher praktisch fast un-  
 begrenzte Lebensdauer.  
 Verlangen Sie Prospekt Nr. 590  
 und ausführl. Angebot.

**TORFIT-WERKE BREMEN-HEMELINGEN**

**Hartkupferklemmen mit  
 Kuprodurschrauben**



**Klemmen**  
 aus Hartkupfer mit Kuprodurschrauben vereinigen die Vorteile aus jahrzehntelanger Erfahrung im Freileitungsbau.

**Hartkupfer**  
 mit 97% E-Kupfer und Legierungsbestandteilen, welche die Festigkeit wesentlich erhöhen, hat die gleiche Korrosionsbeständigkeit wie E-Kupfer.

**Kuprodurschrauben**  
 mit einer Festigkeit von 50-60 kg/qmm gewährleisten einen hohen Klemm-  
 druck und sind auch in aggressiver Luft korrosionsfest.

**KP** **KARL PFISTERER**  
**STUTT-GART-UNTERTÜRKHEIM**  
 POSTFACH 26 TELEFON 30422

**RELAIS**

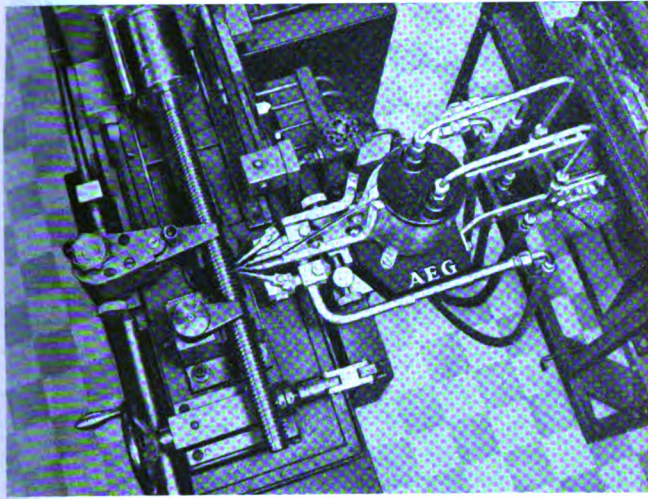
AUSLANDS-  
 VERTRETER  
 GESUCHT



ING. RICHARD  
**FONOVITS**  
 KOMMANDITGESELLSCHAFT  
 WIEN MÜNCHEN  
 XVII. RANFTLGASSE 17 KÖNIGINSTRASSE 20



# Die induktive Oberflächenhärtung von Stahl mit hochfrequenten Wechselströmen



Bei der Fertigung hochbeanspruchter Maschinenteile ist die Oberflächenhärtung oft eine zwingende Notwendigkeit. Besonders dem Verschleiß ausgesetzte Teile müssen an der Oberfläche eine große Härte aufweisen, während im Innern ein zäher Kern erhalten bleiben soll. Neben der Nitrierhärtung, mit der jedoch nur sehr dünne Härteschichten aufgebracht werden können, ist hierfür bisher meist die Einsatzhärtung angewendet worden. Diesem Verfahren haften aber mancherlei Schwierigkeiten an. Es erfordert eine lange Aufkohlungszeit und dazu eine völlige Durchwärmung des Werkstückes. Nicht zu härtende Stellen müssen vor dem Einsetzen besonders abgedeckt werden. Die mit der völligen Durchwärmung verbundene Plastizität des Werkstückes kann bei langgestreckten Teilen leicht ein Verziehen zur Folge haben; bei Formen mit starken Querschnittsänderungen aber können Härterisse auftreten.

Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, ist man schon vor längerer Zeit zur örtlichen Oberflächenhärtung durch Erwärmung mit Gasbrennern und nachfolgender Abschreckung übergegangen. Gewisse Erfolge sind auch erzielt worden, jedoch nicht in jedem Falle. Die oft zu langen Erwärmungszeiten und die unvermeidliche Streuung der Flamme bewirken leicht eine Randentkohlung und ein Verlaufen der Wärme. Weitere Unregelmäßigkeiten können durch Heizwert- und Druckschwankungen der Flammengase hervorgerufen werden. Selbst bei genauer Einstellung und zusätzlicher Temperaturkontrolle gelingt es nicht immer, dieses Härtungsverfahren — entsprechend der in der Massenfertigung gestellten Forderung — vollkommen automatisch zu gestalten.

Die Einführung der induktiven Hochfrequenz-Erwärmung stellt für das Gebiet der Oberflächenhärtung einen umwälzenden Fortschritt dar. Alle den bisherigen Verfahren anhaftenden oben aufgeführten Nachteile können bei der induktiven Oberflächenhärtung vermieden werden, im wesentlichen bedingt durch die hierbei erzielbaren hohen Heizgeschwindigkeiten, die die Automatisierung des Härtevorganges sehr begünstigen. Die Anwendung dieses Verfahrens ermöglicht außerdem eine genaue Begrenzung der Erwärmungszone sowohl in der Flächenausdehnung als auch in der Eindringtiefe. Bei der induktiven Oberflächenhärtung wird die Wärme ohne langen Wärmeübergang von außen her unmittelbar in der Werkstückoberfläche dadurch erzeugt, daß man ein magnetisches Wechselfeld hoher Frequenz mit großer Intensität unmittelbar auf das Werkstück einwirken läßt. Die Erhitzung wird durch die in der oberflächennahen fließenden Wirbelströme schon in sehr kurzer Zeit ermöglicht.

Die Eindringtiefe  $\delta$  des induzierten Hochfrequenzstromes ist umgekehrt proportional der Wurzel aus der Frequenz:

$\delta \sim \frac{1}{\sqrt{f}}$ . Die wirklich erzielbare Einhärtetiefe läßt sich aber

in gewissen Grenzen noch abwandeln durch die Einwirkungsdauer sowie die aufgewendete spezifische Oberflächenleistung, die durch die zulässige Oberflächentemperatur und die erforderliche elektrische Leistung gegeben ist. Näherungsweise ergeben sich mit Hochfrequenz — bei den üblichen Anlagen im Bereich von 200 kHz bis 1,5 MHz — Einhärtetiefen von 0,2 ... 1,5 mm. Größere Tiefen lassen sich mit Mittelfrequenz erzielen. Frequenzen um 10 kHz ermöglichen die Aufbringung einer Härteschicht von etwa 6 mm. Zur Oberflächenhärtung großer und schwerer Werkstücke, z. B. Kaltwalzen, die Einhärtetiefen von 15 ... 20 mm erforderlich machen, wird am besten eine Frequenz von 2000 Hz gewählt. Die erzielten Härtewerte liegen je nach der Stahlsorte im Bereich von 56 ... 64 Rc, vorausgesetzt, daß Stähle mit einem entsprechenden Kohlenstoffgehalt verwendet werden; der Mindest-C-Gehalt für die Härtebarkeit beträgt 0,4%. In der Großindustrie des Auslandes hat die induktive Oberflächenhärtung eine große Verbreitung gefunden. Sie beruht auf den außerordentlichen Vorzügen dieses Verfahrens, von denen als Beispiel nur einige angeführt werden sollen: Zeitersparnis, geringer Energieverbrauch, sauberes Arbeiten ohne Abwärme, ohne Gas- und Rußentwicklung sowie Fertigungsverbesserung, bedingt durch größere Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse und durch Vermeidung eines Härteverzuges. Wirtschaftlichkeitsberechnungen rechtfertigen die Einführung des Verfahrens auch in solchen Fällen, bei denen die hohen Anlagekosten zuerst hinderlich erscheinen.

Anlagen zur Oberflächenhärtung durch Induktion bestehen im wesentlichen aus folgenden Teilen:

1. dem Aggregat zur Erzeugung der notwendigen hochfrequenten Wechselströme (Umformersatz, Röhrengenerator usw.);
2. der Härtemaschine mit Übertragungseinrichtungen.

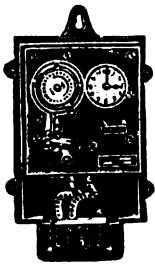
Die Generatoren werden für die hohen Frequenzen meist als Röhrengeneratoren, für Mittelfrequenzen als Maschinenumformer ausgeführt. In dem Umformersatz müssen ferner die Kondensatoren bzw. Schwingkreiselemente enthalten sein, die für die Anpassung an die bei der Leistungsübertragung am Werkstück entstehenden elektrischen Verhältnisse notwendig sind. Bekanntlich lassen sich die Glühspulen (Induktoren, Heizleiter) nur mit einem relativ sehr schlechten  $\cos \varphi$  ausführen.

Zwischen Umformer und Heizleiter wird häufig noch ein Zwischen- oder Glühüberträger angeordnet. Die Umformung der abgegebenen Wechselströme in große Stromstärken bei geringer Spannung ermöglicht die Erzeugung sehr starker Felder am Werkstück sowie die richtige Ausnutzung der Generatoren durch die erforderliche Anpassung. Glühüberträger und Heizleiter sind daher sehr wesentliche Bauteile und in ihrer Konstruktion erfahrungsbedingt. Die eigentliche Härtemaschine richtet sich in ihrer Bauweise nach den gestellten Aufgaben. Es werden hierbei große Anforderungen an die Genauigkeit der Führung des Heizleiters bzw. Werkstückes gestellt; zudem treten auch verwickelte Bewegungsvorgänge auf.

Die AEG baut komplette Härteanlagen für alle induktiven Oberflächenbehandlungen sowohl mit Röhrengeneratoren als auch mit Mittelfrequenzumformern einschließlich Härtemaschinen. Die Fortentwicklung der Übertragungseinrichtungen sowie der Härteverfahren ermöglicht heute die Anwendung der Oberflächenhärtung auch in jenen Fällen, in denen sie bisher nicht durchführbar war (z. B. bei großen schweren Stücken); andererseits kann die Härtebearbeitung jetzt ohne Schwierigkeiten in den Fabrikationsgang der Serienfertigung eingeordnet werden. Als Beispiel einer Hochfrequenz-Härteanlage mit Röhrengenerator wird im Bild 1 eine Anlage zur Gewindespindelhärtung gezeigt, in der Spindeln von 20 ... 50 mm  $\phi$  und bis zu 2 m Gewindelänge oberflächengehärtet werden können.

Für alle speziellen Probleme entwickelt, projiziert und baut die AEG — dem jeweiligen Bedarf entsprechend — besondere Anlagen.

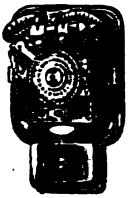




# Spezial-Schaltuhren

Handaufzug und elektr. Aufzug für Wechselstrom, 3 Tage Gangreserve.  
für Futterdämpfer, Schaufensterbeleuchtung,  
Doppeltarif, Warmwasser-Boiler etc.

**J. G. Mehne GmbH., Elektrof. u. Uhrenfabrik, Schweningen a. N.**



Transformatorwerk in Südafrika sucht

### Elektrokonstrukteur

mit Hochschulbildung u. gründlicher Werkstattpraxis. Ausführliche Angebote mit Lebenslauf und Lichtbild an RELMEC, 108 Side Road, Johannesburg.

Großes Kabelwerk sucht in Dauerstellung für den Außendienst  
**jungen Elektro-Ingenieur (mögl. Dipl.-Ing.)**

mit guten technischen Kenntnissen, gewandtem Auftreten und mit besonderen Fähigkeiten, um nach Einarbeitung in die Kabeltechnik (Stark- und Schwachstrom) verhandlungssicher die Kundschaft zu betreuen.

Ausführliche Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Referenzen unter Chiffre ETZ 093/51 an den Verlag.

Großfirma der Elektroindustrie sucht für wichtige Entwicklungsaufgaben auf dem Verstärkergebiet

## Diplom-Ingenieure oder Physiker

zum sofortigen Eintritt. Erforderlich sind gute Kenntnisse und Erfahrungen in der Verstärker- und Relais-Technik.

Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen an den Verlag unter ETZ 105/51.

Wir suchen für unsere Abteilung Meßwandler und Transformatoren in Essen

### einen Offertingenieur

sowie für den Außendienst

### einen Akquisitionsingenieur.

Ausführliche Angebote mit Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermines an

Koch & Sterzel A.-G. Essen, Postfach 1126.

### Junger Ingenieur — Hochfrequenzler.

Für die Patentabteilung einer Hochfrequenzfirma in Südwestdeutschland wird ein junger, unverheirateter Dipl. Ing. mit guten hochfrequenztechnischen Kenntnissen und in der Industrie erworbenen Erfahrungen gesucht.

Ausführliche Bewerbung mit Zeugnisabschriften und Lichtbild erbeten unter ETZ 109/51 an den Verlag.

Für modernes **Hochdruck-Kraftwerk** im Industriegebiet wird geeignete mit einem Höchstmaß an entsprechenden Erfahrungen ausgestattete Persönlichkeit als

### Betriebsleiter

gesucht. Alter nicht über 45 Jahre. Nachweisbare jahrelange Praxis im Hochdruckbetrieb Bedingung.

Bewerbungen mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften sind unter ETZ 091/51 an den Verlag zu richten.

### Elektronenröhren-Fachmann

für Entwicklung und Herstellung von Elektronenröhren extremer kleiner Abmessungen in gut bezahlte Stellung gesucht. Physikalische, elektrotechnische sowie hochvakuum- und glastechnische Kenntnisse und Erfahrungen in der Fertigung von Funkröhren Bedingung. Angebote mit Gehaltsansprüchen unter ETZ 098/51 an den Verlag.

### Jüngerer Dipl.-Ingenieur der Elektrotechnik

mit etwa 2-jähriger Praxis nach der Diplomprüfung für den Überwachungsdienst gesucht. Schriftl. Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschr. und Lichtbild unter ETZ 094/51 an den Verlag.

### Wir suchen tüchtigen Konstrukteur

mit Erfahrungen in der Konstruktion von schlagwettergeschützten Leuchten.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin an den Verlag unter ETZ 097/51.

Großes Kabelwerk sucht für seine Gummi- und Kunststoff-Abteilung einen

### Betriebs-Leiter

mit Erfahrungen in der Herstellung sämtlicher Arten von isolierten Leitungen.

Bewerbungen mit Angabe des Entwicklungsgangs, Referenzen, Gehaltsansprüchen, selbstgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnissen und Bild unter ETZ 103/51 an den Verlag.

### Jüngere Elektro-Ingenieure

(Hoch- oder Fachschule)

mit sehr guten Allgemeinkenntnissen für die Entwicklung und Konstruktion von Niederspannungsschaltgeräten sucht Großfirma der Elektro-Industrie in Norddeutschland.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsanspruch erbeten unter ETZ 102/51 an den Verlag.

### Reise-Ingenieur

erste Kraft, für die Bearbeitung der Elektrizitätswerke, Elektro-Industrie und des Großhandels, der in dem Gebiet Oldenburg (Postleitzahl 23) mit Sitz in Bremen bereits eingeführt ist, für den Vertrieb von Installationsmaterial und Schaltgeräten für Hoch- u. Niederspannung von westdeutscher Spezialfabrik gesucht. Lebenslauf, Antrittstermin, seitherige Tätigkeit erbeten unter ETZ 106/51 an den Verlag.

Selbständig arbeitender

### Konstrukteur für elektrische Maschinen

von Schweizer Industrieunternehmen gesucht.

Wegen des Zuzugs werden Bewerbungen lediger Herren bevorzugt. — Handschriftliche Bewerbungen unter ETZ 078/51 an den Verlag erbeten.

# AEG - Leistungsschalter für M 350 bis M 3000

Die Schalter der Typenreihe M für 350 bis 3000 A Nennstrom sind *verklinte Leistungsschalter* für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom.

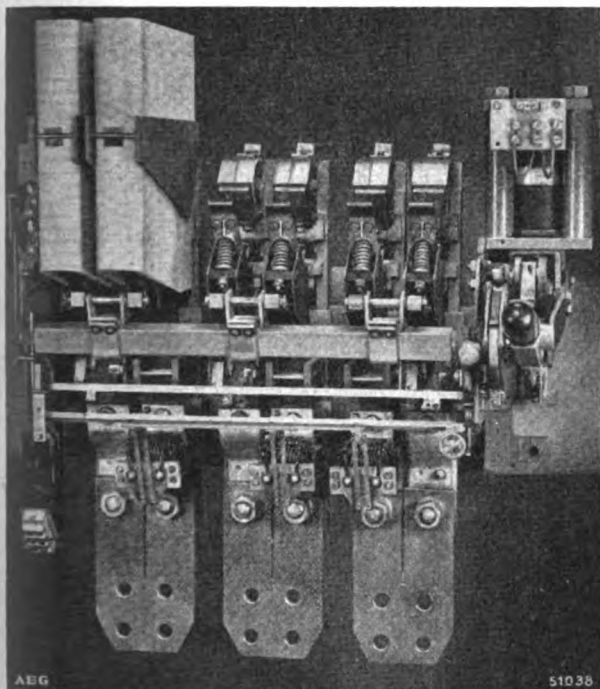


Bild 1

Bild 1 läßt den Aufbau eines dreipoligen Motorschutzleistungsschalters mit Überstrom- und Kurzschlußschutz, Gs-Einschaltmagnet zur Ferneinschaltung und Arbeitsstromauslöser zur Fernausschaltung erkennen. Bei höheren Stromstufen bezeichnet man sie als Selbstschalter, die ohne Wärmeauslöser als Schalter bei Stromerzeugern oder als Hauptschalter von Anlagen verwendet werden. Die Schalter haben dreifache Unterbrechung, d. h. Hauptkontakte mit Silberauflage, Vor- und Abreißkontakte sowie magnetische Blasung und ein widerstandsfähiges Dreiklinkenschloß. Bis 2000 A sind sie auf einem kräftigen Rahmen aus Profilstahl, bei 3000 A aus Aluminiumguß aufgebaut. Von 2000 A an bestehen die Schalterpole aus parallel geschalteten Einzel Polen für je 1000 A; für möglichst gleichmäßige Stromverteilung sorgen entsprechend ausgebildete Übergangschienen. Durch Parallelschaltung zweier Schalter mit ~~gemeinsamem~~ Antriebe lassen sich dreipolige Leistungsschalter bis 6000 A und einpolige Leistungsschalter bis 10 000 A aufbauen.

Das Hauptgewicht bei den Leistungsschaltern ist auf größtes Kurzschlußschaltvermögen gelegt. Dies überschreitet das in den VDE-Regeln für Schaltgeräte geforderte. Die Kurzschlußfestigkeit der Überstromauslöser, die bei höheren Strömen transformatorisch beheizt werden, entspricht dem Schaltvermögen des Schalters. Die Auslöser sind gegen den Einfluß der Umgebungstemperatur kompensiert, so daß die Auslösezeitkurve von deren Einfluß unabhängig ist. Sie eignen sich für schwerere Anlaufbedingungen nach T II aus. Die Schalter können auch mit *magnetischen Überstromauslösern* mit *mechanischem Hemmwerk* versehen werden; die Überstromzeitkurve ist praktisch stromunabhängig. Die Auslösung erfolgt nach der getrennt einstellbaren Zeit bis 20 Sekunden Verzögerung. Bei Erreichung eines festeingestellten Maximalwertes spricht der Auslöser unverzögert an (Kurzschluß-Schnellauslösung). Die Auslösezeit ist — im Gegensatz zu den Wärmeauslösern — unabhängig von der Vorbelastung; für den Motorschutz sind diese Auslöser unzureichend.

In Stadtnetzen und größeren Industrieanlagen wird bei mehreren hintereinanderliegenden Leistungsschaltern *Selektivität* verlangt, d. h. bei einem Kurzschluß hinter einem

Schalter dürfen die im Netz davorliegenden nicht auslösen. Dieses wird erreicht durch verschieden hohe Einstellung der Kurzschlußauslöser der Vorschalter und durch Staffelung der Ansprechzeiten mittels eines besonderen Pendelhemmwerkes mit einer Verzögerung bis zu etwa  $\frac{1}{4}$  Sekunde, die zur Erzielung der Selektivität bei 2 bis 3 hintereinanderliegenden Schaltern ausreicht.

Zur Ferneinschaltung werden Einschaltmagnete oder Druckluftantriebe verwendet. Die M-Schalter bis 350 A Nennstrom werden mit Gleich- oder Wechselstrom-Einschaltmagneten für Spannungen bis 500 V geliefert. Bei Schaltern für höhere Stromstärken und Anschluß an Drehstromnetze werden vorzugsweise Gleichstrom-Einschaltmagnete verwendet und diese über Trockengleichrichter an das Drehstromnetz angeschlossen. Eine einfache Steuerung mit Einschalt- und Unterbrecherschutz (elektrische Wiedereinschaltsperrung mittels zweier Luftschütze) verhindert beim Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß oder zu langer Betätigung des „Ein“-Kommandos ein Pumpen des Schalters. Bild 2 zeigt diese Selbstunterbrecher-Steuerung mit Trockengleichrichter in Stahlblechkapselung. Die Anordnung hat gegenüber Wechselstrom-Einschaltmagneten den Vorteil des geringeren Leistungsverbrauches, der besseren Anpassung der Drehmomentkurve an die des Schalters, weiches schlagfreies Einschalten und Betätigungsmöglichkeit durch einfache Druckknöpfe. Gegenüber motorischen Antrieben kommen zu der erheblichen Preisersparnis noch die Vorteile des schnelleren Einschaltens, z. B. bei der Synchronisierung, sowie größere Einfachheit und Betriebssicherheit.

Ist eine stationäre Druckluftanlage oder sind Druckluftflaschen vorhanden, so ist der weich einschaltende Druckluftantrieb zu wählen.

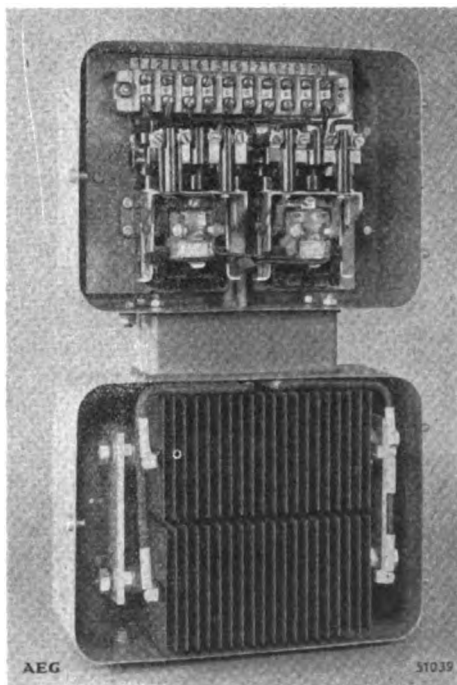


Bild 2

Zur *Fernausschaltung* verwendet man einen unverzögerten Spannungsrückgangs-Auslöser oder einen Arbeitsstromauslöser. Für die Spannungsüberwachung können Spannungsrückgangs-Auslöser, gegebenenfalls mit *Verzögerung* bis 2 Sekunden, z. B. für Netze mit Kurzschlußfortschaltung, angebaut werden.

Gleichstromschalter können auch mit Rückstromauslösern versehen werden, die bei etwa 10% Rückstrom auch bei raschster Umkehr der Stromrichtung mit Sicherheit auslösen.



## Müller & Ziegler

Spezialfabrik elektrischer Messgeräte  
**Pleinfeld**

Fernruf: Pleinfeld Nr. 46

Telegramm-Adresse:  
Messgeräte Pleinfeld

### Wir fabrizieren wieder:

Runde Schalltafel-Aufbau- und Einbau-Instrumente mit Dreheisen- und Drehspul-System mit Gehäuse-Durchmessern von 50—210 mm,

Quadratische Instrumente mit Quadrant, Zeigerausschlag mit Dreheisen- und Drehspul-System mit Flanschabmessungen 144×144, 96×96 und 72×72 mm,

Quadratische Instrumente mit normalem, also stehendem Zeigerausschlag mit Dreheisen- und Drehspul-System mit Flanschabmessungen 144×144, 96×96 und 72×72 mm,

Elektrodynamische, eisengeschlossene Einfach-, Zweifach- und Dreifach-Wattmeter, ausgebildet als runde, quadratische und tragbare Ausführung,

Einfach- und Doppelzungen-Frequenzmesser, ausgebildet als runde, quadratische und tragbare Ausführung,

Baby-Instrumente mit Dreheisen- und Drehspul-System, als Wattmeter, Ohmmeter und verschiedene Kombinationen.

Dreifach-Instrumente, Nullvoltmeter, Doppel-Voltmeter, Kontakt-Instrumente, Schleppzeiger-Instrumente, Anzeigeinstrumente für Thermoelemente, Drehspul-Instrumente mit eingebautem Trockengleichrichter, separate Nebenwiderstände, Isolationsmesser mit eingebautem Kurbelinduktor, Ohmmeter.

Wir fabrizieren ab sofort als besondere und von dem Fachmann längst gesuchte Neuheit:



(Prüfgerät MG 1)

Prüfgerät zur Prüfung der Wirksamkeit von Erdung und Nullung Type MG 1.

Sämtliche vorerwähnten Instrumententypen stellen wir auf der Deutschen Industriemesse 1951, Hannover aus und wir laden Sie deshalb zu dem Besuch unseres Standes 1337/1338 in Halle IX höflichst ein.

## LICHT UND KRAFT

DURCH



## Berga

### AKKUMULATOREN

Ein  
SPITZENPRODUKT  
DER TECHNIK  
von hoher  
LEBENSDAUER  
und grösster  
LEISTUNG

Accumulatorenfabrik **Berga** G.m.b.H. Rastatt i. B.



## WISKA-Feuchtraum-Zubehör

vom Fachmann geschätzt und bevorzugt



• **HOPPMANN & MÜLSOW** •  
Elektrotechnische Spezialfabrik und Presswerk-Hamburg 13

ZUR TECHN. MESSE HANNOVER · HALLE XII · STAND 101



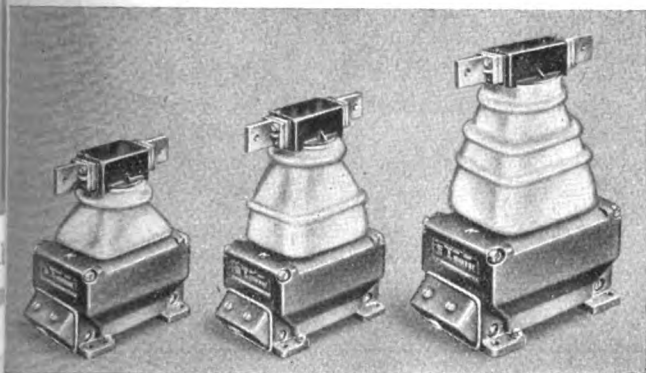
## AEG-Kreuzrohrwandler

Kreuzrohrstromwandler stellen eine Weiterentwicklung der bekannten Querlochwandler dar und vereinigen in sich die Vorteile der Querloch- und der U-Rohrwandler. Sie werden als Topf- und als Durchführungswandler für Reihen- spannungen von 10 bis 30 kV gebaut und besitzen weder Öl- noch Massefüllung. Die Isolation der Primärwicklung gegen den Eisenkern und die Sekundärwicklung erfolgt lediglich durch die Wandung des Porzellankörpers. Dieser besteht in seiner grundsätzlichen Form aus zwei sich kreuzenden Porzellanrohren, von denen das eine die Primärwicklung, das andere den Eisenkern mit der Sekundärwicklung aufnimmt.

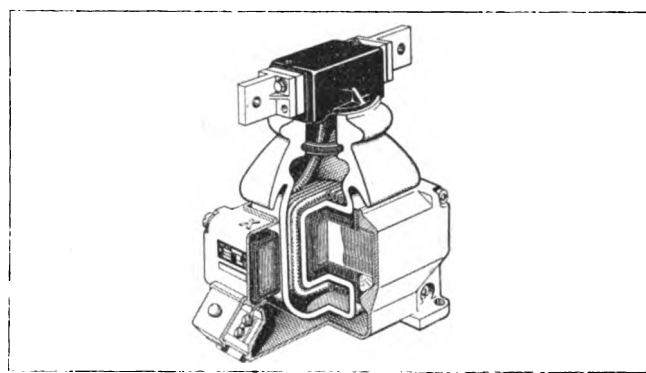
Bei allen öllosen Wandlern besteht die Gefahr, daß beim Hintereinanderschalten von Isolationsmaterialien verschiedener Dielektrizitätskonstante — im vorliegenden Fall von Porzellan und Luft — das schwächere stärker beansprucht wird. Dies vermeidet man beim Kreuzrohrwandler dadurch, daß man die zwischen den Wicklungen und der Porzellanwand liegende freie Luftstrecke kurzschließt. Zu diesem

sich die gegenseitige Austauschbarkeit noch weiter steigern. Für größere Primärstromstärken genügt im allgemeinen die normale, für Wickelstromwandler übliche Kurzschlußfestigkeit ( $J_{therm} = 100 J_n$ ,  $J_{dyn} = 250 J_n$ ). Wenn diese Werte in Sonderfällen, z. B. beim Anschluß von Hochspannungsmotoren in großen Kraftwerken nicht mehr ausreichen, ist es bei der vorhandenen Leistungsreserve ohne Änderung der äußeren Abmessungen möglich, die Kurzschlußfestigkeit entsprechend zu erhöhen. Die Überstromziffer hat bei allen Bauformen ausreichende Werte ( $n > 10$ ), wie sie beim Anschluß von Distanzrelais, abhängigen bzw. begrenzt abhängigen Überstromzeitrelais und dgl. erforderlich sind. Eine Senkung auf  $n < 5$  ist in Sonderfällen möglich.

Einer der größten Vorzüge der neuen Kreuzrohrwandler liegt in den geringen äußeren Abmessungen. So beträgt z. B. bei dem Topfwandler der Reihe 10 und 20 die Breite nur noch 180 mm. Berücksichtigt man die Breite des Anschlußstücks von 50 mm, so erhält man bei zwei dicht nebeneinanderstehenden Wandlern als kleinstmöglichen Abstand span-



Kreuzrohr-Topfstromwandler Reihe 10—20



Zweck wird die metallisierte Innenfläche des Kreuzrohrporzellans mit der Hochspannungswicklung, der metallisierte Teil der Außenwand dagegen mit dem im Betrieb geerdeten Kern verbunden. Auf diese Weise bringt man die Oberfläche des Porzellans selbst etwa auf das Potential der benachbarten Wicklungen und erreicht damit, daß die dazwischen liegenden Luftstrecken feldfrei werden. Die gefährdeten Glimm- und Sprühercheinungen, die infolge der damit verbundenen Ozonbildung alle nichtkeramischen Isolations- und Dichtungsmaterialien im Laufe der Zeit zerstören, können somit unter keinen Umständen auftreten, so daß man auf die früher angewandten umständlichen Hilfsmittel (Einfüllen von graphitiertem Quarzsand usw.) verzichten kann.

Alle Wandler sind bei größter Beschränkung in der Typenzahl so reichlich ausgelegt, daß auch extreme Forderungen mit genügender Sicherheit erfüllt werden können. Um einerseits möglichst rationell zu fertigen, andererseits dem Käufer die Möglichkeit zu geben, die Wandler praktisch unbegrenzt gegeneinander auszuwechseln, beschränkte man sich bei den Topf- und Durchführungswandlern auf nur je zwei verschiedene Porzellanformen. Mit diesen lassen sich Ein- und Zweikernwandler für alle Primärstromstärken laut DIN 12600 zwischen 5 A und 800 A sowie alle im praktischen Betrieb erforderlichen Leistungen mit entsprechender Klassengenauigkeit und Überstromziffer herstellen. Als Folge dieser Vereinheitlichung sind bis einschließlich Reihe 20 bei den Topfstromwandlern die Grundflächen, bei den Durchführungswandlern alle Einbaumaße untereinander gleich. Durch eine primäre Umschaltmöglichkeit im Verhältnis 1:2, die bei jeder Bauform auf Wunsch vorgesehen werden kann, läßt

sich die gegenseitige Austauschbarkeit noch weiter steigern. Für größere Primärstromstärken genügt im allgemeinen die normale, für Wickelstromwandler übliche Kurzschlußfestigkeit ( $J_{therm} = 100 J_n$ ,  $J_{dyn} = 250 J_n$ ). Wenn diese Werte in Sonderfällen, z. B. beim Anschluß von Hochspannungsmotoren in großen Kraftwerken nicht mehr ausreichen, ist es bei der vorhandenen Leistungsreserve ohne Änderung der äußeren Abmessungen möglich, die Kurzschlußfestigkeit entsprechend zu erhöhen. Die Überstromziffer hat bei allen Bauformen ausreichende Werte ( $n > 10$ ), wie sie beim Anschluß von Distanzrelais, abhängigen bzw. begrenzt abhängigen Überstromzeitrelais und dgl. erforderlich sind. Eine Senkung auf  $n < 5$  ist in Sonderfällen möglich.

Einer der größten Vorzüge der neuen Kreuzrohrwandler liegt in den geringen äußeren Abmessungen. So beträgt z. B. bei dem Topfwandler der Reihe 10 und 20 die Breite nur noch 180 mm. Berücksichtigt man die Breite des Anschlußstücks von 50 mm, so erhält man bei zwei dicht nebeneinanderstehenden Wandlern als kleinstmöglichen Abstand span-

Größe Sorgfalt wurde auch auf die Ausbildung der primären und sekundären Anschlüsse verwendet. Bei allen Baugrößen erlauben T-förmige Anschlußstücke ein wahlweises Anschließen der Primärschienen in drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen. Laufen die Schienen in der Horizontalen auf den Wandler zu, so kann man die Anschlußstücke auf einfache Weise je nach Bedarf um 90° drehen, so daß die Schienen ohne Abkröpfung hochkant oder flach geführt werden können. Kommen die Schienen von oben, so schließt man sie entsprechend ihrer jeweiligen Lage zum Wandler (Flach- oder Breitseite voraus) entweder an die Anschlußstücke an oder läßt diese ganz wegfallen. Die Primärschienen müssen also in jedem Fall nur auf Länge abgeschnitten und mit einem Anschlußloch versehen werden. Ein Biegen oder Kröpfen der Schienen ist in jedem Fall überflüssig.



# Umkehr-Stromrichter für Walzwerks-Antriebe

Zahlreiche Hauptantriebe und Hilfsantriebe in Walzwerken erfordern betriebsmäßige Drehrichtungsumkehr und Drehzahlregelung über ihren gesamten Drehzahlbereich. Hierfür kommen bevorzugt Gleichstrommotoren in Frage. Die meist als Drehstrom zur Verfügung stehende Netzenergie muß daher umgeformt werden, wofür bisher hauptsächlich Maschinenumformer verwendet werden mit Leonardsteuerung. Bei Hauptantrieben werden Schwungmassen zum Belastungsausgleich nach dem Ignor-Prinzip mit dem Umformer gekoppelt. Die Umformungsverluste erhöhen den Energieverbrauch von Umkehrantrieben. Die geringeren Verluste von Gleichrichtern bieten daher einen Anreiz, diese Umformerart für Umkehrantriebe zu verwenden. Die Drehzahlregelung der Antriebe kann ohne Schwierigkeiten mittels Gittersteuerung erfolgen, für die Drehrichtungsumkehr muß bei Eingefäßspeisung, die aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen für Walzwerksantriebe in erster Linie in Frage kommt, Ankerumschaltung vorgesehen werden. Das hierfür erforderliche Schaltgerät muß der großen Schaltfähigkeit bis zu 1200 Schaltungen/h und evtl. mehr gewachsen sein. Außerdem muß eine Gewähr für Umschaltung im stromlosen Zustand gegeben sein.

Die AEG hat für Umkehr-Stromrichter -Antriebe eine Schaltung und Geräte entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht werden. Das Hauptmerkmal der AEG-Schaltung nach dem nebenstehenden Schaltbild besteht in der Gittersteuerung des Stromrichters mittels Phasenschwenkschaltung durch Veränderung des Vormagnetisierungstromes von Drosselspulen an Stelle der bisher üblichen Drehregler. Weiterhin ist die Befolgung von regeltechnischen Grundsätzen an Stelle der bisher üblichen steuertechnischen bemerkenswert. Mit dem Steuerschalter wird jeweils ein Drehzahl-Sollwert vorgegeben, der mit dem Drehzahlwert verglichen wird. Die Steuerung, regelt selbsttätig Unterschiede zwischen diesen beiden Werten aus. Hiermit ist eine äußerst geringe Ansprechzeit erreicht, und der Bedienungsmann kann seine Aufmerksamkeit voll und ganz dem Walzvorgang widmen. Ergänzt wird die Steuerung durch eine Strombegrenzungseinrichtung, die den Strom bei Beschleunigung und im Walzbetrieb auf ein vorher eingestelltes Höchstmaß begrenzt. Der Steuerschalter für einen Umkehr-Stromrichter-Antrieb nach der AEG-Schaltung ist ein kleines handliches Gerät, ähnlich den Meisterschaltern für Walzwerkshilfsantriebe, das beliebig schnell und häufig betätigt werden kann.

Die Phasenschwenkschaltung über den Vormagnetisierungstrom ermöglicht die Ankerumschaltung bei einwandfrei stromlosem Zustand, da jedem Stromwert ein eindeutiger Aussteuerungs-

zustand des Stromrichters entspricht. Bei Rückführung des Steuerschalters überwiegt der Drehzahlwert den Drehzahl-Sollwert. Dann wird der Stromrichter selbsttätig auf höchste Wechselrichterspannung umgesteuert, der Ankerstrom wird Null, es erfolgt die Umschaltung, ein Rückstrom vom Motor kann erst auftreten, wenn die nach dem Umschalten selbsttätig einsetzende Verringerung der Wechselrichter-Gegenspannung entsprechend herabgeregelt ist. Der Umschalter braucht daher keine besondere Ausführung für Schaltungen unter Strom aufzuweisen.

Die einwandfreie Wirkungsweise der AEG-Schaltung ist aus dem nachstehenden Oszillogramm eines Umkehrvorganges ersichtlich, das an einer Großversuchsanlage mit einem schnelllaufenden 1000-kW-Motor in den AEG-Fabriken Brunnen-

straße, Berlin, aufgenommen wurde, wobei die Umsteuer-einrichtung eines zur Zeit im Bau befindlichen 100-mt-Blockstraßen-Umkehrantriebes benutzt wurde. Der Motor konnte aus betriebstechnischen Gründen nicht belastet werden. Aus dem Oszillogramm ist deutlich ersichtlich, wie der Leerlaufankerstrom bei der Sollwertumschaltung, die einem Herumreißen des Steuerhebels aus einer Grenzlage in die andere entspricht, auf Null absinkt, es folgt die stromlose Pause von knapp 0,3 s, innerhalb der die Ankerumschaltung erfolgt, danach erfolgt die Abbremsung, wobei der Bremsstrom innerhalb kurzer Zeit auf den eingestellten Höchststromwert ansteigt, denselben beibehält, bis der Stromrichter auf Gleichrichterbetrieb umgesteuert ist und der noch etwas

größere Beschleunigungsstrom einsetzt. Der Antrieb wurde hierbei mit Feldschwächung gefahren, wie aus der Erregerstromkurve ersichtlich ist. Der Erregerstromkreis wird ebenfalls aus einem Stromrichter gespeist, der mittels Gittersteuerung nach ähnlichen Grundsätzen geregelt wird.

Die AEG-Umkehr-Stromrichter-Steuerung ersetzt nicht nur vollwertig die bisherigen Maschinensteuerungen, sondern übertrifft diese in vielen Beziehungen. Umkehr-Stromrichter-Antriebe können daher ohne weiteres an den ihnen in Walzwerken zukommenden Stellen verwendet werden. Zu berücksichtigen ist bei ihrem Einsatz die ungedämpfte Übertragung der Lastspitzen auf das speisende Netz, verbunden mit Blindlastspitzen, die auf die Spannungshaltung des Netzes zurückwirken. Eine Herabsetzung der Blindlastspitzen kann durch eine besonders ausgebildete Gittersteuerung erreicht werden, für die weitere Entwicklungen gleichfalls von der AEG durchgeführt wurden. Hierbei erreichen diese Spitzen etwa 50 % der bei einer normalen Gittersteuerung auftretenden Werte. Bei Einsatz eines Umkehr-Stromrichters bedarf auf jeden Fall die Netzfrage jeweils einer eingehenden Klärung.

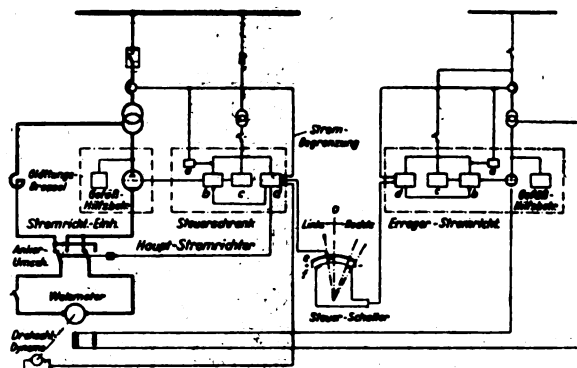


Abb. 1 Umkehr-Stromrichter mit Anker-Umschaltung  
 a = Gitter-Sperrung    c = Negative Vorspannung    e = Drehzahl-Sollwert  
 b = Impuls-Gerät    d = Regler    f = Erregerstrom-Sollwert

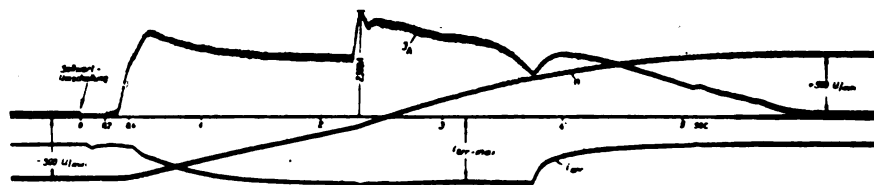
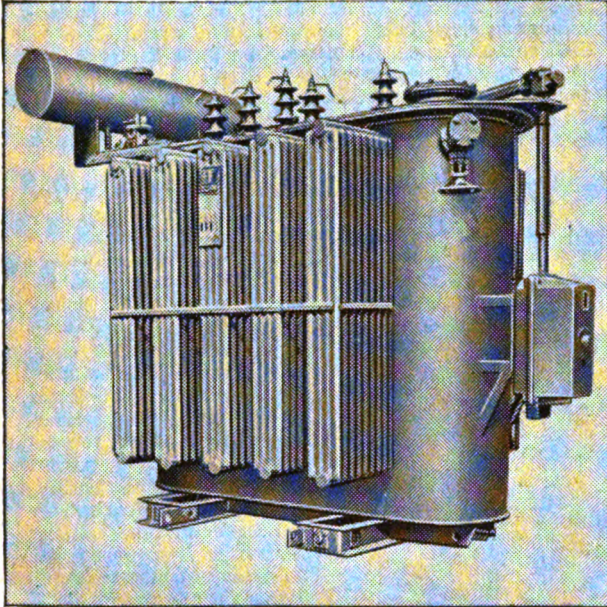


Abb. 2 Leerlauf-Umkehrvorgang  
 JA = Ankerstrom    I<sub>err</sub> = Erregerstrom    n = Drehzahl





# Transformatoren bis 16 MVA



**Frankfurter Transformatoren-Fabrik  
M. Topp & Co**  
Oberursel / Taunus

# BOGENSCHÜTZ

*Vollschutz* - HOCHLEISTUNGS-  
SICHERUNGEN  
NH 500 VOLT-UND~



BIS ZUM GRENZSTROM  
DAUERBELASTBAR  
HOHE KURZSCHLUSSELEISTUNG  
KURZSCHLUSSFLINK  
FLINKE ODER VERZÖGERTE  
STROMZEIT-KENNLINIE  
BETRIEBSKALTES ARBEITEN  
GERINGER EIGENWATT-  
VERBRAUCH

**DIE IDEALE BETRIEBSKALTE  
SICHERUNG ZUR ÜBERWINDUNG  
LANGFRISTIGER NETZSPITZEN.**

**RUDOLF BOGENSCHÜTZ**  
ELEKTROTECHNISCHE SPEZIALFABRIK  
FRANKFURT - MAIN - HÖCHST

**El.-Ap.**  
Warenzeichen

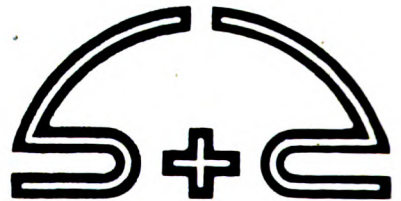


Schlagwettergeschützte

**Geräte  
Leuchten  
Abzweigdosen  
Verbindungskästen**

Oberleitungsmaterial für  
Grubenbahnen

Elektro-Apparate Kom.-Ges. **Gothe & Co.**  
Mülheim-Ruhr



Hoch- und Niederspannungs-  
Porzellane

Montiertes Installationsmaterial

Kunstharzpresserei

Kronacher Porzellanfabrik  
**Stockhardt u. Schmidt-Eckert G.m.b.H.**  
Kronach (Bayern)



# Synchronmotoren zum Antrieb von Kreiselpverdichtern

Zur Verbesserung des Leistungsfaktors in Industrieanlagen wird außer Kondensatoren oft der Synchronmotor eingesetzt. Die Vorzüge des Synchronmotors kommen hauptsächlich dann zur Geltung, wenn er zum Antrieb von Arbeitsmaschinen mit großem Leistungsbedarf im Dauerbetrieb verwendet wird. Er ist daher der geeignete Motor für Kreiselpverdichter in Bergwerksanlagen und für Hochofen- und Stahlwerksgebläse.

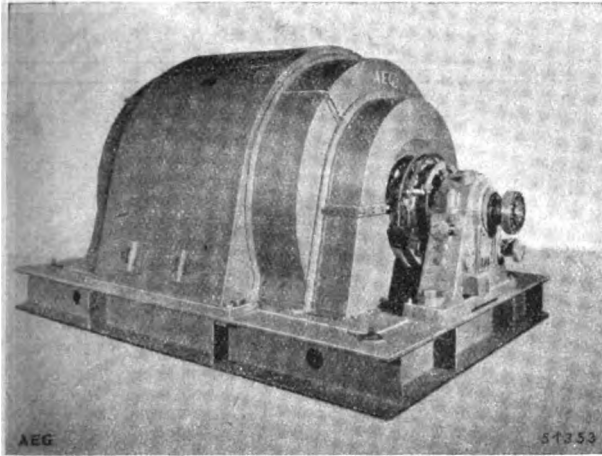


Bild 1. Vierpoliger Synchronmotor 4300 kW für Kreiselpverdichter

In vielen Fällen genügt eine Auslegung des Synchronmotors für  $\cos \varphi = 1$  bei Vollast. Tritt jedoch mit fortschreitendem Ausbau der Anlage ein erhöhter Blindleistungsbedarf auf, so wird man den Synchronmotor von vornherein für voreilenden Leistungsfaktor — 0,9 oder 0,8 — auslegen, zumal der zusätzliche Aufwand an Material und Kosten nur gering ist. Durch Änderung der Erregung von Hand oder durch Tirrillregler ist es möglich, die Blindleistungsabgabe auf den für die gewünschte Phasenkompensation jeweils erforderlichen Wert einzustellen.

Weitere wertvolle Betriebseigenschaften gegenüber dem normalen Asynchronmotor sind: größerer Luftspalt und damit erhöhte Betriebssicherheit, besserer Wirkungsgrad bei gleichem Materialaufwand, kleinerer Anlaufstrom und hohes synchrones Kippmoment, das nur linear mit der Netzspannung zurückgeht. Der Synchronmotor ist daher gegen Spannungsabsenkungen unempfindlicher.

Für den Antrieb von Kreiselmotoren werden vier- oder sechspolige Typen bevorzugt. Bild 1 zeigt einen vierpoligen Synchronmotor für eine Nennleistung von 4300 kW,  $\cos \varphi = 0,9$ , der zum Antrieb eines Hochofengebläses geliefert wurde. Die Erregermaschine — im Bild weggelassen — wird mit der Welle des Synchronmotors gekuppelt. Aus betrieblichen Gründen (z. B. Explosionsgefahr) kann eine getrennte Aufstellung des Erregersatzes notwendig sein. Der Erregersatz wird dann durch einen an das Niederspannungsnetz angeschlossenen Asynchronmotor betrieben. Die Schleifringe des Synchronmotors werden in gasgefährdeten Räumen (z. B. bei Verdichtern für Synthesegas) besonders gekapselt und fremdbelüftet. Die dann notwendige Ver-

gelung des Fremdlüfters mit dem Netzschalter erfolgt durch ein besonderes direkt vom Luftstrom betätigtes Windfahnen-Relais. Durch zusätzliche Anwendung eines Melde-relais ist jederzeit eine entsprechende Kontrolle möglich.

Der Anlauf des Synchronmotors erfolgt ohne Zuhilfenahme eines Anwurfmotors wie bei einem Asynchronmotor mit Käfigläufer, wobei die Dämpferwicklung als Anlaufwicklung dient. Diese ist als Kurzschlußwicklung in die lamellierten Polschuhe gelegt. Da die Dämpferwicklung im Betrieb nicht lasttragend wirkt, also praktisch als abgeschaltet angesehen werden kann, ist es möglich, die Auslegung des Synchronmotors hinsichtlich seines Verhaltens beim Anlauf und im Betrieb nahezu unabhängig voneinander vorzunehmen. Das auf die Motordrehzahl bezogene große Schwungmoment von Kreiselpverdichtern ergibt eine relativ lange Anlaufzeit. Da ferner 2... 3 Anläufe von der Betriebsleitung meistens vorgeschlagen werden, muß die Dämpferwicklung im Querschnitt reichlich bemessen sein, um die großen Wärmemengen aufnehmen zu können. Andererseits ist ihr Widerstandswert so abzustimmen, daß ein ausreichendes Moment beim Anfahren und bei annähernd synchroner Drehzahl erzielt wird.

Um den Anlaufstrom in normalen Grenzen — bei etwa 1,8—2-fachem Nennstrom — zu halten, kann der Anlauf in Stern dreieckschaltung erfolgen. Vorteilhaft wird jedoch ein Anlauf-Umspanner gewählt, um eine feinere Anpassung an das Lastmoment des Verdichters zu ermöglichen. Zur Vermeidung von Bedienungsfehlern ist die Schaltung so ausgebildet, daß nach Betätigen des Netzschalters der Anlauf sich selbsttätig vollzieht.

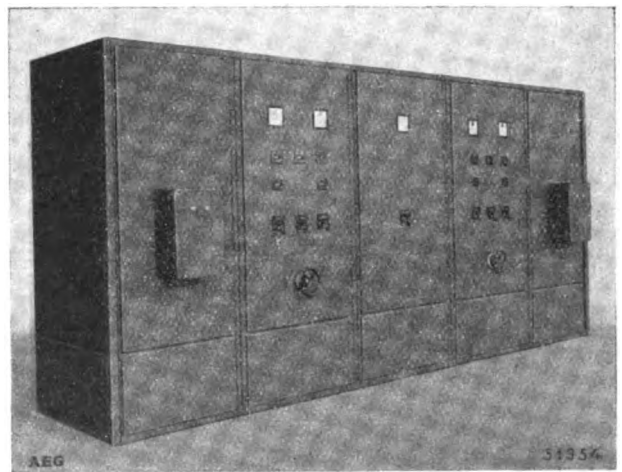


Bild 2. Fünffeldrige Schaltanlage für ferngesteuerten automatischen Anlauf zweier Synchronmotoren

Sämtliche Schaltgeräte, Meßinstrumente, Relais und die Überwachungs-Einrichtung sind in einer Schaltanlage, die meistens aus drei Feldern besteht, zusammengefaßt. Bild 2 zeigt eine Anlage mit 5 Feldern für zwei Motoren. Bei Aufstellung der Schaltanlage außerhalb des Maschinenraumes erfolgt die Einleitung des Anlaufvorganges und die Abschaltung des Maschinensatzes von einer Bedienungssäule aus, die zweckmäßig in unmittelbarer Nähe des Motors aufgestellt wird.





**SIEMENS**

Wir suchen

### Hoch- oder Fachschul-Ingenieur

für die Entwicklung von Fabrikationseinrichtungen auf dem Industrieofengebiet. Bewerber mit besonderen Erfahrungen auf diesem Gebiet, insbesondere auch in der Anwendung von Infrarot- und Hochfrequenzwärme werden bevorzugt.

Bewerbungen mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften sind zu richten an:

**SIEMENS & HALSKE AG**  
Zentral-Personalabteilung  
Berlin-Siemensstadt

Großes Werk der chemischen Industrie bei Köln sucht für das Konstruktionsbüro der elektrischen Abteilung

### Elektro-Ingenieur

(DI oder HTL)

mit Erfahrungen im Bau von Schaltanlagen und Industriernetzen sowie

### jüngeren Diplom-Ingenieur

(Fachrichtung Elektrotechnik)

der Interesse hat, sich in das Gebiet elektrothermischer Öfen einzuarbeiten.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf und möglichst Lichtbild sowie den sonstigen üblichen Unterlagen an den Verlag unter ETZ 234/51 erbeten.

### Bei den Kölner Verkehrsbetrieben

ist sofort die Stelle des Leiters der Abt. Streckenausrüstung und Sicherungsanlagen mit einem

### Diplom-Ingenieur

zu besetzen.

Erforderlich sind gute Kenntnisse und langjährige Erfahrungen im Bau und in der Unterhaltung von Fahrleitungsanlagen (Straßenbahn und Obus), Streckensicherungsanlagen, Fernsprechanlagen, Stromversorgungsanlagen (Umformwerke und Kabelnetz). Einstellung erfolgt zunächst auf einjährige Probe. Bezüge nach Verg. Gr. III TO.A. Alter nicht über 45 Jahre.

Bewerber, die zum Kreis der unter Art. 131 des Grundgesetzes fallenden Personen gehören, richten ihre Bewerbung (mit Lichtbild, Lebenslauf, beglaubigten Zeugnisabschriften und Kategorisierungsbescheid) an

Oberstadtdirektor Köln — Personalamt.

Für mittleren Betrieb der Kunststoffverarbeitung (Presserei und Spritzerei) und Elektrotechnik (Schwachstrom) wird erstklassiger

### Betriebsingenieur

sobald gesucht. Verlangt werden ausgedehnte ingenieurtechnische Fähigkeiten. Kenntnisse in der Kunststoffverarbeitung erwünscht, aber nicht Bedingung.

Angebote mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen etc. unter ETZ 236/51 an den Verlag erbeten.

### Genossenschaft des öffentlichen Rechts

sucht

### Diplom-Ingenieur

für die technische Überwachung von gewerblichen Betrieben. Voraussetzung ist mehrjährige praktische Tätigkeit in der Industrie oder in Elektrizitätswerken sowie Fähigkeit zur selbständigen Arbeit. Diplom-Ingenieure der Fachrichtung Elektrotechnik werden bevorzugt. Alter 30 bis 38 Jahre. Nach Ablauf der Probezeit pensionsberechtigte Anstellung nach den Grundsätzen der staatlichen Besoldungsordnung.

Ausführliche Bewerbung mit selbstgeschriebenem Lebenslauf und Zeugnisabschriften unter ETZ 201/51 an den Verlag.

Angesehenes Unternehmen mittlerer Größe der

### HF und Ela-Technik

in Niedersachsen sucht zum sofortigen oder baldigen Eintritt gewandten und sicheren

### Konstrukteur

der mit neuzeitlichen Werkstoffen und Fertigungsverfahren bestens vertraut ist, sowie erstklassigen

### Kalkulator

der sowohl die mechanische Fertigung als auch die Montage und Verdrahtung der Geräte zuverlässig vor- und nachkalkulieren kann, ferner einen

### Labor-Techniker

für die Entwicklungs-Abteilung sowie für allgemeine Laborarbeiten mit guten theoretischen und praktischen Kenntnissen. Jüngere Herren, die eine erfolgreiche Tätigkeit auf allen Gebieten nachweisen können und an intensives und selbständiges Arbeiten gewohnt sind, werden gebeten, handschriftliche Bewerbungen mit üblichen Unterlagen, Angabe der Gehaltsansprüche und frühesten Eintrittstermins baldigst einzureichen unter ETZ 230/51 an den Verlag.

### 1. Konstrukteur

für handbetätigte Schaltgeräte 10—200 Amp. (500 V) gesucht. Nur ideenreiche Herren mit Nachweis eigener Erfolgskonstruktionen bitten wir um Angebot, Wohnung zur Verfügung.

Ferner:

### Elektro-Ingenieur

erfahren in Steuerungen und Schaltaufgaben für Maschinenantriebe

Angebote unter ETZ 240/51 an den Verlag.

Für Projektierung und Fabrikation von Transformatoren bis 2000 KVA Leistung, sowie von Niederspannungs-Starkstrom-Schaltanlagen, wird

### erfahrener Elektroingenieur

g e s u c h t .

Verlangt werden sichere Beherrschung der theoretischen Berechnungsunterlagen und erfolgreiche längere praktische Fabrikationserfahrungen.

Bewerbungen mit Bild und Angaben über Gehalts- und Wohnansprüchen erbeten unter ETZ 237/51 an den Verlag.

# Der Lichtbogenschweißwandler für symmetrische Drehstrom-Belastung und 100 Hz-Schweißstrom.

Vor einem Jahr wurde ein neuartiges Lichtbogenschweißgerät der Öffentlichkeit vorgeführt, das seitdem großen Anklang gefunden hat. Der AEG-Schweißwandler ist ein Wechselstrom-Schweißgerät besonderer Art und darf nicht als Schweißtransformator angesehen werden. Hiermit ist ein Problem gelöst worden, das die Elektrotechnik schon lange Zeit beschäftigte: eine stark schwankende Einphasenlast statisch gleichmäßig auf das Drehstrom-Netz zu verteilen.

Viele der bisher bekannten Kunstschaltungen, wie Spannungsteiler-, V-, Scottschaltung usw., ergeben stets eine unsymmetrische Netzbelastung. Die Verwendung gleichstromvornagnetisierter Drosseln und die Ausnutzung der zweiten Oberwelle brachten die Lösung (Patent angemeldet). Die bei entsprechender Schaltung in der Gleichstrom-Wicklung entstehende Wechselspannung doppelter Netzfrequenz kann durch eine zusätzliche Sekundärwicklung auf der Drossel transformatorisch entnommen werden. Verwendet wird eine zwischenklügelige Drossel, die von einem echten Zweiphasen-System gespeist wird. Dieses Zweiphasen-System kann mit der Scottschaltung einwandfrei auf das Drehstromnetz übertragen werden. Die beiden Sekundärwicklungen sind hintereinander geschaltet und ergeben den Einphasen-Schweißstromkreis.

Genau wie beim Schweißumformer liegt eine symmetrische Drehstrom-Belastung mit gleichem Wirk- und Blindlastanteil in den drei Phasen vor. Messungen bei verschiedenen Elektrizitäts-Werken haben dies inzwischen bestätigt. Handwerksbetriebe, bei denen allgemein nur ein Anschluß an ein Niederspannungsnetz vorhanden ist, können nunmehr den AEG-Schweißwandler Typ LSW 4 k als Wechselstrom-Schweißgerät einsetzen; denn er entspricht den neuen Anschlußbedingungen der Arbeitsgemeinschaft der Elektrizitäts-Werke (AdEW) bei einer Schweißleistung von 210 A HSB, also bis zur 4 mm-Elektrode, und ist durch einen eingebauten Drehstrom-Kondensator kompensiert. Störende Rückwirkungen auf schwache Ortsnetze wie bei einem normalen, kompensierten Einphasen-Wechselstrom-Schweißtransformator entstehen nicht mehr, und genau so entfällt bei diesem Schweißwandler die sonst bei Schweißumformern übliche Wartung von Kollektor, Bürsten und Lagerstellen; in seinem Aufbau gleicht er dem Schweißtransformator.

Der bei diesem System auftretende 100 Hz-Schweißstrom bringt außerdem erhebliche schweißtechnische Vorteile. Der steile Nulldurchgang des 100 Hz-Schweißstromes ergibt eine wesentlich bessere Zündfähigkeit und einen sehr stabilen Lichtbogen, der es auch dem weniger geübten Schweißer gestattet, selbst dünn umhüllte bzw. getauchte Elektroden einwandfrei zu verschweißen. Es können keine blanken Elektroden, wie beim Schweißumformer, verschweißt werden, aber bei einfachen Schweißarbeiten sind die billigen, getauchten Elektroden bestens geeignet. Selbstverständlich macht sich die gute Schweißleistung auch bei mittel- und starkumhüllten Elektroden durch einen stehenden, festgerichteten Schweißlichtbogen mit vermindertem Spritzverlust bei gleichmäßiger Abschmelzung und gutem Einbrand bemerkbar. Die Industrie bevorzugt den unkompenzierten Schweißwandler Typ LSW 6 (s. Bild) für 380 A Schweiß-

strom bei HSB, während für schwerste Schweißarbeiten bis zur 10 mm-Elektrode oder auch für die neuen Tiefbrandelektroden mit den erforderlichen hohen Stromstärken der größere Schweißwandler Typ LSW 8 mit einem Schweißstrom von 700 A bei HSB ein geeignetes Einsatzgebiet hat. Die Einstellung des Schweißstromes erfolgt durch einen kleinen Widerstand in der Gleichstromerregung stufenlos über den ganzen Bereich. Der Gleichstrom zur Vormagnetisierung wird über einen Selen-Trockengleichrichter der Primärwicklung der Drossel entnommen.

Die statischen Regelkennlinien haben beim Schweißwandler im Bereich der Lichtbogen Spannungen einen sehr steilen Verlauf, so daß durch die Elektrodenführung entstehende Schwankungen der Lichtbogenlänge nur eine geringe Stromänderung bedingen. Die normale Leerlaufspannung beträgt 68 ... 70 V und kann durch Einbau einer automatisch wirkenden Schutzschaltung (Patent angemeldet) auf 35 V herabgesetzt werden. Diese völlig ungefährliche Spannung gestattet jetzt auch die Wechselstromschweißung in geschlossenen Behältern, eine Vorbedingung für die Anwendung des Schweißwandlers im Schiffbau. Durch Fortfall der Blaskwirkung im 100 Hz-Wechselstrom-Lichtbogen konnte eine erhebliche Steigerung der Schweißgeschwindigkeit gegenüber den sonst im Schiffbau üblichen Gleichstrom-Schweißumformern erreicht werden.

Außer den erwähnten Baugrößen wird noch der Schweißwandler Typ LSW 10 mit 1000 A Schweißstrom bei 50 V und 100% ED gebaut als Gerät für automatische Schweißarbeiten mit hohen Einschaltdauerwerten an dickwandigen Werkstücken in der Maschinen-, Konstruktions- und Behälter-Industrie. Er ist auch für die Ellira-Schweißung — teilweise UP-Schweißung genannt — einzusetzen. Betriebswirtschaftlich zeichnen sich die Schweißwandler durch ihren niedrigen Leerlaufverbrauch und einen hohen Wirkungsgrad aus, der innerhalb eines weiten Arbeitsbereiches von Viertellast bis Vollast im Mittel etwa 75% beträgt. Für die Aufstellung im Freien außerhalb der Werkstatt kann eine Freiluftausführung vorgesehen werden. Die Fernsteuerung des Schweißstromes ist mit einem einfachen, kleinen tragbaren Regelwiderstand möglich.



Schweißwandler Typ LSW 6  
Schweißstrombereich 75 A bei 15 V bis 380 A bei 35 V  
stufenlos einstellbar



## Das AEG-Strommeßband

Durch die Entwicklung des AEG-Strommeßbandes ist es nunmehr möglich, auf einfache Weise billig und schnell den hohen Sekundärstrom einer Widerstandsschweißmaschine zu messen. Man wird aufhören, die Primärleistung in kVA als Bewertung für eine Schweißung anzugeben, sondern den außer Druck und Zeit allein maßgeblichen Schweißstrom für die Punkt-, Naht- oder Stumpfschweißung zugrunde legen.

Es handelt sich um einen eisenlosen Stromwandler zum Messen von Wechselströmen normaler Frequenz in einem umfassenden Bereich von 120 A bis 360 000 A. Das AEG-Stromband kann um jeden Leiter, dessen Strom gemessen werden soll, herumgelegt werden, ohne daß der zu messende Stromkreis geöffnet wird. Ausgenutzt wird das physikalische Gesetz, wonach die Durchflutung gleich dem Linienintegral der magnetischen Feldstärke ist. Das Stromband besteht aus einer Spezialwicklung in einem biegsamen Gummischlauch. Die Enden des Schlauches werden nach Umlegen um den Stromleiter durch eine Steckvorrichtung zu einem Ring geschlossen. Das magnetische Feld des zu messenden Stromes erzeugt in der Meßwicklung eine Spannung, die sich proportional dem zu messenden Strom ändert. Die Lage des Strommeßbandes und die Form des Stromleiters sind ohne

Einfluß. Die im Strommeßband erzeugte Spannung wird über Meßleitungen auf ein Meßgerät übertragen (Bild). Dieses kann ein in kA geeichtes Anzeigergerät mit 2 Meßbereichen sein bzw. der AEG-Universalmesser in Verbindung mit Eichkurven oder bei längeren Schweißzeiten ein schreibendes Gerät, wie der AEG-Universalschreiber zur Aufzeichnung des Stromes. Der Schweißstrom wird mit der Meßgenauigkeit der Instrumente zwischen 1,5 und 3% gemessen. Voraussetzung für die direkte Messung des effektiven Schweißstromes ist der sinusförmige Stromverlauf. Bei nicht sinusförmigem Schweißstrom, z. B. bei Nahtschweißung mit Stromprogramm — also gelücktem Strom — ist die Strommessung nur qualitativ möglich. Dies genügt aber zur Überwachung der Gleichmäßigkeit des Schweißstromes bei Serienschweißungen.

Mit dem AEG-Strommeßband kann der Schweißstrom direkt gemessen und die Schweißqualität überwacht werden. Es hilft Fehlschweißungen zu vermeiden. Bei längeren Schweißzeiten und registrierender Überwachung können schlechte Schweißungen erkannt und ausgeschieden werden. Das AEG-Strommeßband kann auch zum Messen von Wechselströmen in isolierten Leitungen benutzt werden und findet damit eine universelle Anwendung im elektrischen Betrieb.



AEG-Strommeßband  
zum Messen sekundärer Schweißströme

Bedeutende Firma mit feinmechanisch-elektrotechnischer Produktion in der Nähe Stuttgarts sucht

## einige erstklassige Hochfrequenz- Ingenieure

mit ausgesprochen erfinderischer Begabung und nachweislich erzielten Erfolgen. Bewerber müssen an selbständiges Arbeiten gewöhnt und befähigt sein, eigene neue, kommerziell verwertbare Ideen technisch zu entwickeln.

Nur erste Kräfte wollen ihre Bewerbung unter Angabe von Referenzen mit Zeugnisabschriften und handgeschrieb. Lebenslauf richten unter ETZ 297/51 an den Verlag.

### Dr. Ing. oder Dipl. Ing.

von Unternehmen in Süddeutschland für **aussichtsreiche Stelle** gesucht für Entwicklungs- und Forschungsarbeiten auf dem Gebiet elektrischer Maschinen. Erforderlich: Gute theoretische Kenntnisse, möglichst Praxis im Elektromaschinenbau, Befähigung zu selbständigem Arbeiten, zur Anleitung und Führung von Mitarbeitern. Bewerbungen mit eigenhändig geschriebenen Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten unter 905 an Ann.-Exped. Hans BERNDT, Nürnberg-1.

Führendes Werk der Elektroindustrie in Schleswig-Holstein sucht **technischen Leiter**

zu möglichst kurzfristigem Antritt. 700 Belegschaftsmitglieder. Die Aufgabe besteht in der technischen Gesamtplanung und Oberleitung der Werkstätten. Die Produktion umfaßt Elektronik, Fernmeldetechnik, Feinwerktechnik, Feinmaschinenbau, Serientfertigung und Fließbandfertigung. Stellung ist mit Prokura verbunden. Es kommen nur Herren in Frage, die mit nachweislichem Erfolg ähnliche Stellungen bekleidet haben und beste Referenzen benennen können. Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf und Lichtbild erbeten unter ETZ 317/51 an den Verlag.

## Elektro-Ingenieur

für das Städt. Elektrizitätswerk Villingen (Verteilerwerk) sofort gesucht.

Verlangt wird energischer Fachmann mit mehrjähriger Betriebspraxis in mittlerem Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Kenntnisse und Erfahrungen in der Planung und Ueberwachung elektr. Hoch- und Niederspannungsanlagen sind erforderlich.

Bewerber muß in der Lage sein, den Betriebsleiter zu vertreten. (Angestelltenverhältnis, Besoldung nach TO A).

Bewerbungen mit handgeschr. Lebenslauf und üblichen Unterlagen an **Bürgermeisteramt Villingen/Schwarzwald**.

Gesucht wird für **Indien**, selbständiger

## Diplom - Ingenieur oder Fachschul - Ingenieur

mit langjährigen Erfahrungen in Konstruktion und Montage von Hochspannungs-Freileitungen 60 bis 220 kV sowie gutem Organisationstalent. Englische Sprachkenntnisse Voraussetzung. Gutes Gehalt sowie freie Reise und Wohnung wird geboten. Den Bewerbungen in englischer Sprache sind Lebenslauf, Zeugnisabschriften und sonstige Angaben beizufügen.

Angebote unter ETZ 324/51 an den Verlag erbeten.

Die Stelle als

## Direktor der Stadtwerke Iserlohn

ist zu besetzen. Die Stadtwerke umfassen: Elektrizitätsverteilung (Strombezug 20 Mio kWh/Jahr), Gasverteilung (10 Mio cbm/Jahr, davon 75% Eigenerzeugung), Wasserversorgung (3,5 Mio cbm/Jahr aus Quelfassungen und Pumpwerken). Es wird eine ausgeprägte Persönlichkeit gesucht, die gründliche technische Kenntnisse auf dem Gebiet der kommunalen Versorgungsbetriebe sowie energiewirtschaftliche Erfahrungen besitzt und gleichzeitig in der Lage ist die Werke kaufmännisch zu führen. Besoldung erfolgt nach der Reichsbesoldungsgruppe A 2 b.

Bewerber mit abgeschlossenem Studium werden gebeten, ihre Bewerbungsunterlagen (ausführlicher Lebenslauf, beglaubigte Zeugnisabschriften, Kategorisierungsbescheid, Lichtbild) umgehend an die **Stadtverwaltung Iserlohn** zu richten.

Erfahrener, vielseitiger

### Diplom-Ingenieur

mit überragenden Kenntnissen und Fähigkeiten für das Gebiet der Entwicklung und Fertigung, ferner ein befähigter, arbeitsfreudiger und energischer

### Betriebs-Ingenieur

mit langjähr. Betriebserfahrungen für die Fertigung von Spezialtransformatoren und Meßwandlern von erstrangigem Spezialunternehmen gesucht. — Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, selbstgeschriebenen, fachlich und persönlich vollständigem Lebenslauf, Lichtbild und Gehaltsansprüchen unter ETZ 327/51 an d. Verl. erb.

### Elektro-Ingenieur TH o. HTL

vorbildl. Charakter bis 40 Jahre alt, Elektro-Theorie-Praxis-Handel versiert, ges. f. Leitung angesehenen, jahrzehnte bestehend. **Ingenieur-Büros in Frankfurt a. M.** (Planung v. Industrie-Anlagen, Gutachten, Revisionen), m. Elektro-Industriebedarf-Großhandel u. Übersee-Export. Bei Qualifikation Übersiedlung später n. Hauptbetrieb Union Südafrika möglich. Kautions erwünscht. Nur 1. Kräfte wollen sich melden m. lückenlosem Lebenslauf, Lichtbild u. Angabe der Gehaltsansprüche unter ETZ 326/51 beim Verlag.

Wir suchen einen

## Berechnungs - Ingenieur

der über mehrjährige Erfahrungen auch in der Berechnung von Großmaschinen verfügt.

Ausführliche Bewerbungen mit Lichtbild und Angabe der Gehaltsansprüche erbeten an das

**Sekretariat der Schorch-Werke AG., Rheyd.**



## Der Kontaktgleichrichter

Zu dem in zahlreichen Großanlagen bewährten Quecksilberdampf-Gleichrichter und dem Selen-Gleichrichter, der sich ebenfalls ein weites Anwendungsfeld erobert hat, ist der Kontaktgleichrichter getreten. Sein Wirkungsgrad liegt mit 97 bis 99% (ohne Trafo) erheblich über dem anderer Gleichrichterarten und ist der Grund für seinen steigenden Einsatz.

Er verdankt seinen hohen Wirkungsgrad der Tatsache, daß anstelle der Ventilstrecken der bekannten Gleichrichterarten Metallkontakte verwendet werden. Ventilstrecken haben auch in der Durchlaßrichtung beachtliche Spannungsabfälle, z. B. im „schaltenden“ Lichtbogen des Quecksilberdampf-Gleichrichters, und damit einen entsprechenden Leistungsverlust, während Metallkontakte eine praktisch verlustfreie Schaltverbindung darstellen; die eigentlichen Gleichrichterverluste fallen also fort. Quecksilberdampf-Gleichrichter erreichen bessere Wirkungsgrade nur bei höheren Spannungen, während der Kontaktgleichrichter nach Koppelman auch bei niedriger Gleichspannung mit hohem Wirkungsgrad arbeitet. Es bleiben als Verlustleistung in der Hauptsache der Antrieb des Synchronschaltwerkes und als ins Gewicht fallend die Wicklungsverluste der Schaldrosselspulen.

verlängerter Nulldurchgang ist erforderlich, um die mechanische Ungenauigkeit der Schalter und die lastabhängige Verschiebung der Stromnulldurchgänge zu beherrschen. Die Sicherheit steigt, je länger die Stufe gemacht werden kann.

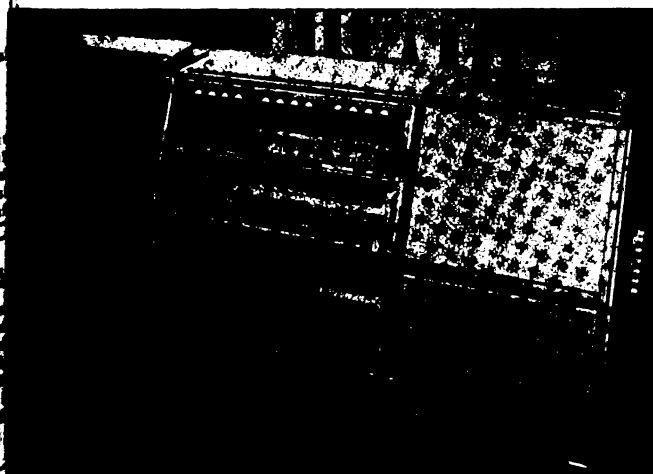
Der Kontaktgleichrichter nach Koppelman in der von der AEG entwickelten modernen Form verwendet 12 metallische Abhebekontakte, die durch eine Exzenterwelle gesteuert werden. Schließ- und Öffnungszeitpunkte sind während des Betriebes gemeinsam und einzeln einstellbar, und ihre richtige Einstellung wird unmittelbar durch Instrumente angezeigt. Die Schaldrosselspulen sind mit dem Kontaktgerät in einem gemeinsamen Gehäuse vereinigt. Sie werden ebenso wie die Kontakte und Schienen durch umlaufende Luft gekühlt. Die Kontakte sind sichtbar, leicht zugänglich und können in wenigen Sekunden ausgewechselt werden.

Die Steuerung der Spannung erfolgt ähnlich der Gittersteuerung von Quecksilberdampf-Gleichrichtern durch Verzögerung des Stromeinsatzes. Bei größeren Steuerbereichen wird hier wie dort mit Rücksicht auf Leistungsfaktor und Gleichrichterbeanspruchung eine zusätzliche Spannungssteuerung durch einen Stufentransformator benutzt.

Als normale Schaltung verwendet die AEG sechsheisige Brückenschaltung, die mit 60° el Stromführungszeit verhältnismäßig lange stromschwache Stufen ermöglicht und damit einen großen Belastungsspielraum ohne Nachstellung der Kontakte ergibt; sie bringt aber außer der durch die große Stufenlänge gegebenen „Stromsicherheit“, d. i. der Unempfindlichkeit gegen Lastschwankungen und Überlastungen, noch eine Erhöhung der Spannungssicherheit auf das Doppelte gegenüber den Dreiphasenbrückenschaltungen. Die theoretische Grenze für die Gleichspannung liegt damit bei etwa 800 V.

Da die Betriebssicherheit für die in Frage kommenden Stromverbraucher von entscheidender Bedeutung ist, rechtfertigt sich die Wahl dieser Schaltung, auch wenn im Kontaktgerät 12 Kontakte anstelle von 6 bei Dreiphasenschaltungen erforderlich sind.

Bei niedrigen Spannungen — unter etwa 200 V — kann der in der Normalschaltung für maximal 10 000 A ausgelegte Kontaktgleichrichter in einer Mittelpunktschaltung wie der bekannten Saugdrosselschaltung für Gleichströme bis 28 000 A verwendet werden.



AEG-Kontaktgleichrichter 400 V 8000 A

Diese Drosselspulen sind die Voraussetzung für das einwandfreie Arbeiten des Kontaktgleichrichters; sie sind den Kontakten vorgeschaltet und sorgen infolge ihrer rechtwinkligen Magnetisierungskurve für stromschwache Stufen in der Nähe des Stromnulldurchganges, so daß die Kontakte gefahrlos geschaltet werden können. Nur während dieser Stufen, also in den Zeitabschnitten der Ummagnetisierung, drosseln sie den Strom. Im übrigen sind sie gesättigt und daher ohne Drosselwirkung. Die stromschwache Stufe als



Für unsere Konstruktionsabteilung  
**Hochspannungsschaltgeräte**  
 wird eine schöpferisch begabte  
**Persönlichkeit**

mit gründlichen Erfahrungen in der Geräte-Konstruktion und Fertigung gesucht. Bewerber muß in der Lage sein, einen Stab von erfahrenen Konstrukteuren bei der Lösung umfangreicher

**Entwicklungs-Aufgaben**

auf dem Leistungsschalter-Gebiet zielbewußt zu leiten. Neuzeitliche Versuchsfeldeinrichtungen stehen zur Verfügung.

Bewerbungen mit ausführlichen Unterlagen (handschriftlicher Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Angabe der Gehaltsansprüche und frühester Eintrittstermin) erbeten an die Personalabteilung der

**VOIGT & HAEFFNER AG., FRANKFURT a. M.**

Wir suchen einen

**Oberingenieur**

mit umfangreichen Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Spezialgebiet der elektrischen und elektronischen Meßgeräte, sowie der neuzeitlichen Fertigungsmethoden für die Leitung unserer Konstruktions- u. Entwicklungsabteilungen. Bei Bewährung Aufstiegsmöglichkeit.

Ferner

**Offertingenieure,**

die erfolgreiche gleichartige Tätigkeit nachweisen können für unsere Verkaufs- und Projektteilung. Ausführliche schriftliche Bewerbungen mit Lichtbild an

**W. H. JOENS & CO.**

Fabrik für elektrische wärmetechnische Meßgeräte  
 Düsseldorf, Martinstr. 47-55 · Fernruf Sa. Nr. 10811

Bedeutendes schweiz. Unternehmen des Elektromaschinenbaues sucht qualifizierten **Elektro-Ingenieur** als

**ersten Konstrukteur**  
 für Turbogeneratoren.

Erforderlich sind: Erfolgreicher Abschluß einer Ingenieurfachschule, mehrjährige Konstruktionspraxis vor allem auf Turbogeneratoren. Befähigung zu modernem und wirtschaftlichem Konstruieren.

Herren, welche die verlangten technischen Qualifikationen aufweisen und charakterlich den hiesigen Verhältnissen entsprechen, bietet sich ein interessantes Tätigkeitsfeld mit der Möglichkeit, nach der Einarbeitung einer Konstruktionsgruppe vorzustehen;

ferner erfahrenen

**Konstrukteur**  
 für Schaltanlagen

In Frage kommt **Ingenieur** mit längerer Erfahrung im Bau moderner Schaltanlagen und Kommandoräume, insbesondere in der Normalisierung von Schaltanlagen, in der Konstruktion von stahlblechgekapselten Anlagen mit ausfahrbaren Schaltern für Hochspannung für Innenraum- u. Freiluft-Anlagen, sowie für gekapselte Niederspannungs-Verteileranlagen.

Wir bieten einem Spezialisten eine weitgehend selbständige, interessante Stellung.

Handschriftliche Offerten mit Beilage von Lebenslauf, Zeugniskopien und Photo sind erbeten an

Personalabteilung  
**MASCHINENFABRIK OERLIKON**  
 Zürich 50

Von elektrotechnischer Großfirma im Raume Nürnbergs werden gesucht:

**Meister**

nicht über 40 Jahre, für eine **Versuchswerkstatt der Feinmechanik und Vakuumtechnik** (sehr vielseitiger Arbeitsbereich).

**Fähiger jüngerer Konstrukteur**  
 für Feinwerktechnik

**Jüngerer Diplom-Ingenieur**

physikalisch interessiert, guter Hochfrequenztechniker, für **Laboratoriumstätigkeit**

**Diplom-Ingenieur oder Ingenieur,**

nicht über 45 Jahre alt, für Entwicklung und Bau von **neuartigen Spezialtransformatoren**. Technologische Kenntnisse erwünscht

Bewerbungen mit handschriftlichem Lebenslauf, beruflichem Werdegang und Lichtbild erbeten unter **812 D** an Ann.-Expd. **Hans BERNDT, Nürnberg-I.**

**Diplom-Ingenieur**

der Fachrichtung Elektrotechnik mit überdurchschnittlichen Kenntnissen und möglichst mit Erfahrung auf dem Gebiet der Stromrichter oder Industrieantriebe für verantwortliche Stellung in einem Industrieunternehmen Südwestdeutschlands zum baldig. Eintritt gesucht. Bewerbungen werden erbeten unter **ETZ 360/51** an den Verlag.

Der NWDR sucht zum baldigen Antritt einen

**Leiter des Senderlabors**

(Mittel- u. Kurzwellen)

in der Zentraltechnik Hamburg. Schriftliche Bewerbungen an der **NWDR, Hamburg 13, Zentraltechnik.**

# Der neue Bremsmagnet der AEG-Zähler

Von der Konstanz und der genauen Einstellung des Bremsmagneten hängt die Richtigkeit der Anzeige eines Zählers wesentlich ab. Der Bremsmagnet der neuen Großbereichszähler der AEG wurde daher unter Verwendung modernster Materialien sorgfältig hinsichtlich Konstanz und leichter Einstellbarkeit ausgebildet, und man kann heute mit gutem Recht sagen, daß Bremsmagnete dieser Art ihre Funktion ideal erfüllen.

Der neue Bremsmagnet (Bild 1) besteht aus einem rechteckigen, im Sinterverfahren hergestellten Magnetklotz (1), der an einem Rückschlußbügel (2) aus Weicheisen durch Umspritzen mit Metall (3) befestigt ist. Eine verstellbare Schraube (4) dient zur Regelung der Bremskraft und ein Plättchen (5) zur Temperaturkompensation.

Als Material für den Magnetklotz wird Al — Ni — Co verwendet, eine der modernsten und leistungsfähigsten Magnetlegierungen. Daraus resultieren die folgenden bemerkenswerten Eigenschaften dieser Zählerbremsmagnete

- Hoher Energieinhalt, dadurch große Bremskraft.
- Hohe Koerzitivkraft, dadurch Unempfindlichkeit gegen entmagnetisierende Felder.
- Stabiles Gefüge, dadurch Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen und Temperaturen.

In allen diesen Eigenschaften ist der verwendete Magnet den bisher üblichen Walzstahlmagneten weit überlegen. Besonders stark tritt diese Überlegenheit in der Konstanz und Alterungsbeständigkeit in Erscheinung.

Außer seinen hervorragenden Materialeigenschaften bietet der neue Bremsmagnet vier durch seine Konstruktion bedingte Vorzüge:

### 1. Unerreicht leichte Einstellbarkeit

Ohne Zuhilfenahme eines Schraubenziehers kann seine Bremskraft mikrometerartig geregelt werden. Dazu dient die kräftige Schraube (4) mit Feingewinde, die in den Magnetklotz hineintaucht und je nach Eintauchtiefe einen mehr oder weniger großen Teil des Flusses kurzschließt. Der auf diese Weise erzielte Feinregelbereich beträgt  $\pm 8\%$  und ist damit so groß, daß man die Grobeinstellung durch Schwenken des ganzen Magneten nie in Anspruch zu nehmen braucht. Damit entfällt eine schwierige und unangenehme Einstelloperation, die häufig zu Ärger Anlaß gab, weil sich der Magnet dabei zu viel oder zu wenig verstellte. Jeder Zählerfachmann wird daher die neue Feinregulierung begrüßen, denn sie ist leicht zu bedienen und spart Zeit, weil eine genaue Justierung möglich ist.

### 2. Kein selbsttätiges Verstellen

Trotz der leichten Verstellbarkeit der Regelschraube ist ein ungewolltes Verstellen — z. B. durch Transporterschütterungen — unmöglich, weil die Regelschraube durch zwei Federn (6), die gegen eine Mutter (7) drücken, daran gehindert wird.

### 3. Höchste Kurzschlußfestigkeit durch Metallumspritzung

Die Metallumspritzung (3) hat nicht nur den Zweck, Magnetklotz und Rückschlußbügel mechanisch miteinander zu verbinden, sondern stellt auch eine magnetische Abschirmung dar, die dem Magneten eine noch größere Unempfindlichkeit

gegen entmagnetisierende Kurzschlußströme verleiht, als er auf Grund seiner Materialeigenschaften ohnehin hat. Wird nämlich die Stromspule des Zählers von einem Kurzschlußstrom durchflossen, so möchte der entstehende Streufluß auch den Magnetklotz durchsetzen (Bild 2) (besonders weil die Triebsscheibe eine Kopplung zwischen Stromeisen und Magnet darstellt). Der Fluß erzeugt jedoch auf transformatorischem Wege in der Metallumspritzung Gegenampereinduktionen, denn die Metallhülle bildet sozusagen die Sekundärwicklung eines Transformators. Diese Gegenampereinduktionen bilden einen Fluß  $\Phi_g$ , der dem ursprünglichen, entmagnetisierenden Fluß entgegen gerichtet ist und ihn dadurch fast völlig aufhebt. Wie man aus Bild 2 ersieht, führt dieser Vorgang zu einem Umlenken oder Hinausdrängen des Störflusses aus dem Magnetklotz und verhindert ein Entmagnetisieren des Magneten. Versuche haben ergeben, daß selbst Kurzschlüsse von 3000 A den Magneten nicht

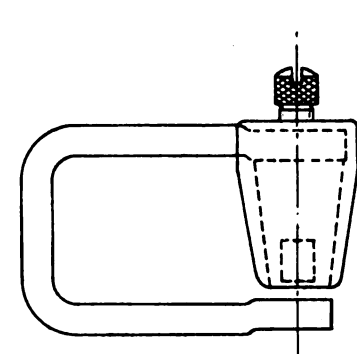


Bild 1. Umspritzter Bremsmagnet im Schnitt.

schwächen können, während bei der gleichen Stromstärke Walzstahlmagnete ganz erheblich an Bremskraft verlieren.

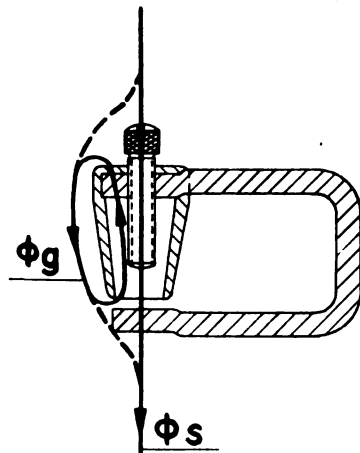


Bild 2. Abschirmende Wirkung der Metallumspritzung.

### 4. Der Magnet hat eine Temperaturkompensation,

die ebenso einfach wie wirksam ist. Seitlich am Magnetklotz unter der Metallumspritzung befindet sich ein Plättchen aus einem besonderen, temperaturabhängigen Magnetmaterial, dessen magnetische Leitfähigkeit mit zunehmender Temperatur kleiner wird. Bei Zimmertemperatur wird ein Teil des Flusses durch das Plättchen kurzgeschlossen. Steigt die Temperatur, so wird dieser Flußanteil wieder freigegeben und dadurch der Fluß im Luftspalt verstärkt. Auf diese Weise war es durch entsprechende Wahl der Plättchengröße möglich, die Anzeige des Zählers bei  $\cos \varphi = 1$  unabhängig von der Temperatur zu machen.

Diese neuen umspritzten Bremsmagnete sind in den AEG-Großbereichszählern J6H, J6G, DU9, DU9B sowie in allen AEG-Subtraktionszählern zu finden.

Von Werk im Rheinland

## jüngere Montage-Ingenieure

für In- und Auslandsmontagen gesucht, mögl. Dipl.-Ing., Fachrichtung Fernmeldetechnik, mit Erfahrungen auf dem Gebiete der Trägerfrequenztechnik (Bau und Messungen an Trägerfrequenzkabeln).

Ausführliche Bewerbungsschreiben mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Angabe der Gehaltsansprüche unter **ETZ 398/51** an den Verlag.

Beim Stadt. Elektrizitätswerk Nürnberg ist die Stelle des

## Leiters der Abteilung Verteilungsnetz

— Angestelltenstelle des höheren techn. Dienstes — neu zu besetzen.

Bedingungen: Mit „Besonders gut“ abgelegte Diplomprüfung des Fachgebietes Elektrotechnik, langjährige Erfahrung im Schaltanlagen- und Kabelbau, sowie im Betrieb von grossen Kabelnetzen. Bewerber sollen das 37. Lebensjahr nicht überschritten haben.

Anstellung erfolgt im Angestelltenverhältnis mit Bezahlung nach der TO. A.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Abschrift des Spruchkammerbescheides bis spätestens 1. Dezember 1951 erbeten an den Stadtrat Nürnberg — Personalamt Ia.

Bewerber, die zum Personenkreis des Art. 131 GG. zählen, haben beglaubigte Unterlagen, die einwandfrei diese Zugehörigkeit nachweisen, mit vorzulegen.

Führende Süddeutsche Elektromotorenfabrik sucht zum baldigen Eintritt

## je 1 Projektierungsingenieur für ihre Exportabteilung

— Sprachkenntnisse sind erwünscht —

und den

## innerdeutschen Vertrieb.

Vorausgesetzt werden: Rasche Auffassungsgabe, gute technische Kenntnisse, Erfahrungen auf dem Gebiete elektromotorischer Antriebe, gute Umgangsformen und flüssiger Briefstil.

Bewerber, die die obigen Bedingungen erfüllen und bereits einige Jahre Praxis nachweisen können, bitten wir um Einsendung von handschriftlichem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Referenzen und Angabe der Gehaltsansprüche unter **ETZ 401/51** an den Verlag.

Wir suchen

## Konstrukteure und Berechner

für

### 1. Meßtransformatoren

### 2. Statische Kondensatoren

Bewerbungsschreiben mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Handschriftprobe und Gehaltsansprüchen sind zu richten an

**EMIL HAEFELY & CIE. AG., Basel (Schweiz).**

Deutsches Patentamt sucht

## Mitarbeiter in den Patentabteilungen

als Anwärter für den höheren technischen Dienst (Abfindung nach Diäten der Bes. Gruppe A2c2). Aufstiegsmöglichkeit nach Bes. Gruppe A2a gegeben.

Voraussetzung: Akadem. Studium eines naturwissenschaftlichen oder technischen Faches, staatliche oder akademische Abschlussprüfung, mindestens 5-jährige Praxis nach vollendetem Studium. Erfahrungen auf dem Gebiet des gewerblichen Rechtsschutzes erwünscht. Bewerber sollen möglichst unter 40 Jahre alt sein.

Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften sowie Abschrift des Bescheides über die politische Überprüfung sind zu richten an das

## Deutsche Patentamt, München 26,

Museuminsel 1.

Personliche Vorstellung nur nach Aufforderung.

## Führender Industrieverband

Sitz Frankfurt/Main sucht sofort einen

## jüngeren Diplom-Ingenieur

(Fachrichtung Elektrotechnik)

mit betriebs- und volkswirtschaftlichen Grundkenntnissen zur Behandlung von Versorgungs-, Produktions- und Absatzfragen.

Ausführliche Angebote mit handgeschriebenem Lebenslauf, lückenlosen Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angabe der Gehaltsforderung und des frühesten Eintrittstermins sind unter **ETZ 406/51** an den Verlag zu richten.

Beim Landkreis Neustadt a. Rbge. ist infolge Erreichung der Dienstaltersgrenze des jetzigen Stelleninhabers die Stelle des

## Direktors des Überlandwerks

zum 1. 7. 1952 zu besetzen. Gesucht wird ein junger tatkräftiger Ingenieur mit abgeschlossenem Hoch- oder Fachschulstudium der Elektrotechnik, der neben gründlichen technischen Kenntnissen in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung sowie in Tarif- und Vertragstragen befähigt ist, das Werk auch kaufmännisch zu leiten. Die Besoldung erfolgt nach der RBesGr. A 2 d. Nach Bewährung ist die Übernahme in das Beamtenverhältnis möglich.

Bewerber werden gebeten, ihre Bewerbungsunterlagen (ausführlicher handgeschriebener Lebenslauf, beglaubigte Zeugnisabschriften, Lichtbild) umgehend an den Landkreis Neustadt a. Rbge. einzureichen. Personliche Vorstellung erst nach Aufforderung.

Neustadt a. Rbge., den 17. Oktober 1951.

Landkreis Neustadt a. Rbge. — Der Oberkreisdirektor

Führendes Werk für elektrische Kleingeräte und Installationsmaterial sucht für seine Export-Abteilung sprachkundigen

## Ingenieur

Nach entsprechender Einarbeitung soll sein Arbeitsgebiet die technische Betreuung der eigenen Export-Abteilung und die technische Beratung der ausländischen Abnehmer umfassen.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen unter **ETZ 413/51** an den Verlag erbeten.

# Doppelspannungswandler

Doppelpolig isolierte Spannungswandler werden bis Reihe 30 hergestellt und dienen zur Gewinnung der Dreiecksspannung für Anzeige- und Synchronisierungszwecke sowie zum Anschluß von Spannungsrelais u. dgl. Die gebräuchlichste Schaltung für den dreiphasigen Anschluß von Leistungsmessern und Zählern ist die sogenannte V-Schaltung. Auf Grund der Tatsache, daß die geometrische Summe zweier Dreiecksspannungen die dritte Dreiecksspannung ergibt, ist es auf diese Art möglich, mit Hilfe von nur zwei Wandlern alle drei verketteten Spannungen zu erhalten und den dritten Wandler zu sparen.

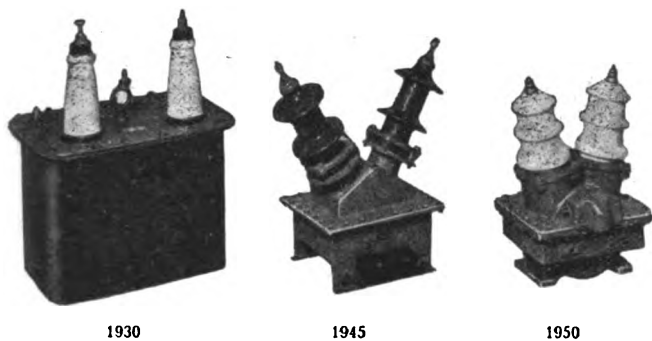


Bild 1. Drei Entwicklungsstufen von doppelpolig isolierten Spannungswandlern

Solche zweipolig isolierten Spannungswandler sind sowohl mit Öl- als auch mit Trockenisolation seit langem bekannt. Bild 1 zeigt, wie bei den ölisierten Wandlern die Abmessungen und damit auch die Gewichte mit fortschreitender Entwicklung immer kleiner geworden sind. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß der ölarmer Wandler von 1950 nur noch etwa 5% der Ölmenge enthält, die der Wandler von 1930 besaß.

Nachdem diese Entwicklung mit dem Bau ausgesprochen ölarmer Typen zu einem gewissen Abschluß gekommen war, suchte man nach grundsätzlich neuen Möglichkeiten einer Verbesserung und Verbilligung der Geräte. Da doppelpolig isolierte Wandler fast immer in V-Schaltung verwandt werden, lag der Gedanke nahe, zwei solcher Wandler auch konstruktiv zu einer Einheit zusammenzufassen. Die Verwirklichung dieses Gedankens ergab den Doppelspannungswandler.

Die beiden in einem gemeinsamen Kasten vereinigten doppelpolig isolierten Spannungswandler bilden für den Schaltanlagenkonstrukteur ein einziges Bauelement, das nur wenig größer als ein bisheriger Einzelwandler ist. Da die vollständige Verschaltung bereits im Wandlerinneren durch die Fabrik vorgenommen wird, genügen an Stelle der sonst erforderlichen vier Hochspannungsisolatoren insgesamt drei, die durch ihre senkrechte Stellung das Gesamtbild der Anlage ruhiger gestalten als die schräg stehenden Porzellane von Einzelwandlern. Die Folge ist ein beträchtlich geringerer, technischer und damit auch preislicher Aufwand, Wegfall zu-

sätzlicher, sonst auf der Baustelle vorgenommener Schalt- und Montagearbeiten und des damit verbundenen Risikos von Schaltfehlern, einfachere und übersichtlichere Leitungsführung, geringerer Platzbedarf und kleinere Gewichte.

Doppelspannungswandler werden für die Reihen 10 und 20 gebaut. Die schon beim Einfachwandler beobachtete Entwicklungstendenz zu immer kleineren Ölmenngen wird beim Doppelwandler fortgesetzt. Durch weitestgehende Anpassung des Silumingußkastens an die Form von Kern und Wicklung wird das Kastenvolumen, das vom Öl ausgefüllt werden muß, auf ein Minimum reduziert. Der verbleibende Ölmantel bildet einen hervorragenden Feuchtigkeitsschutz, der Rest des Öls dient zum Imprägnieren der Wicklung und zum Füllen der Isolatoren, die gleichzeitig als Ausdehnungsgefäße verwandt werden.

Ein ölisolierter Spannungswandler aus dem Jahre 1930 gliedert sich noch ganz einem Leistungstransformator, bei dem die großen Ölmenngen nicht nur isolieren, sondern auch kühlen sollten. Demgegenüber nähert sich der Isolationscharakter eines modernen Einfach- oder Doppelspannungswandlers, wenn sich eine besondere Ölkühlung erübrigt, immer mehr dem eines Ölkabels. Durch wechselweise Reihenschaltung von zahlreichen dünnen Ölschichten und hochwertigem Spezialpapier wird bei kleinsten Abmessungen ein Optimum an Spannungsfestigkeit erzielt, ohne daß die wertvolle Eigenschaft der Ölisation, die ständige selbsttätige Regenerierung der vollen Isolation, verloren geht.

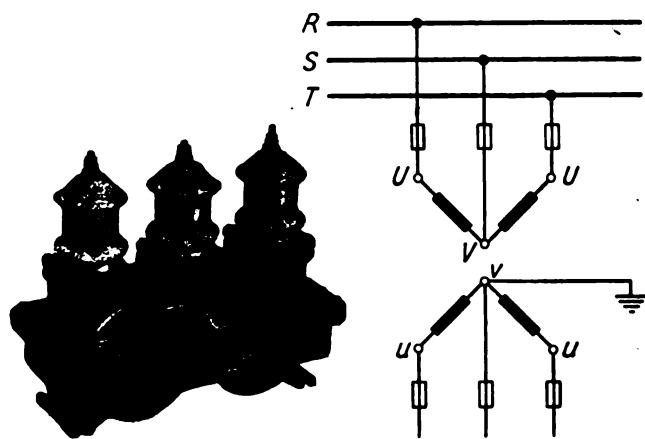


Bild 2. Doppelspannungswandler der Reihe 10

Durch das Klemmen der Porzellane an Stelle des früher üblichen Einkittens erreicht man, daß die neuen Bauformen unbedingt öldicht sind. Lagenweiser Wicklungsaufbau mit guter kapazitiver Durchkopplung verleihen ihnen eine hohe Schwingungsfreiheit und Gewitterfestigkeit, so daß sie auch an exponierten Stellen, die durch Überspannungen gefährdet sind, ohne Bedenken eingebaut werden können. Große Meßleistungen bei hoher Genauigkeit sowie das vorgesehene Systemzeichen der PTB bieten die Gewähr für universelle Anwendbarkeit, hohe Präzision und unbedingte Zuverlässigkeit im Betrieb.



**MAUSER**  
**Elektro**  
**Füllerdämpfer**



*Zum Dämpfen aller Fettmittel, Aschen, Teerlösungen u. Entkochen*

MAUSER WERKE G. M. B. H. WAIDECK (BEZIRK FUSSE)

**Quecksilber-Schaltröhren**

Willy Günther  
Nürnberg, Humboldtstrasse 39  
Spezialfabrik für Quecksilber-Schaltröhren

Wir liefern  
**Relais- und Magnetspulen**

Walter Buhmann  
Elektro-Apparatebau  
Rangendingen 111 (Hohenz.)

**ZÄHLAPPARATE**

für Leistungskontrolle aller Art, wie Hub-, Stück- u. Meterzähler, Windungszähler mit und ohne Abschaltung, elektr. Fernzähler und Spezialzähler



**J. HENGSTLER**, Komm.-Ges. (14b) Aldingen b. Spaichingen 40



**PELTZER & CO**  
NEUENRADE - Westf.  
Postfach 34 - Schrauben- u. Drahtkurzwarenfabrik

**ARDORIT**

Feinkeramische Isolierpreßkörper für die Elektro-Industrie

Widerstandsträger aller Art  
Niederspannungs-Isolationsmaterial bis zu den größt. Abmessungen  
Einbettmasse  
Kerakitt

**Elektrokeramik**  
G. m. b. H., Witten (Ruhr)

**SÜDDEUTSCHE ISOLATORENWERKE GMBH**  
SCHWARZWALDSTR. 8 FREIBURG I. B. FERNSPRECHER 2356



Zählertafeln  
Hausanschluß-Sicherungen  
Verteiler  
Abzweigkästen  
Abzweigdosen  
Dachstünder-einführungen  
Kabelstege  
Deckel für Zylinderendverschlüsse  
Motorenklembretter  
Zählertafelklemmen  
Handgriffe  
Porzellan-Isolierperlen  
Isolierstoffpressteile nach Zeichnung und Muster  
Eigener Matrizenbau  
Herstellung und Verarbeitung von Spezial-Pressmassen



25



Der **Benzing-Zeitnehmer** ist unentbehrlich zur sorgfältigen Erfassung der **Fertigungszeiten** als Grundlage Ihrer Kalkulation. Verlangen Sie Angebot.

**Fried. Ernst Benzing**  
Kontrolluhrenfabrik  
(14b) Schwenningen a.N.12

**DELBAG**

DELBAG-LUFTFILTER GmbH  
BERLIN-HALENSSEE • FERNRUUF 977676  
DÖSSELDORF-HEERDT-AMT NEUSS 2105

**LUFTFILTER**  
für Industrie-Hygiene-Fahrzeuge

Ingenieur-Büros  
Essen-Ruhr, Töpferstr. 62 Ruf 3 13 32  
Frankfurt-M., Wöhlerstr. 3 Ruf 7 67 27  
Hamburg, Innocentstr. 33 Ruf 55 40 45  
Hannover-K., Borchersstr. 2 Ruf 5 64 88  
Heidelberg, Moltkestr. 23 Ruf 30 39  
Leipzig W 31, Tischbeinstr. 3 Ruf 4 50 94  
München, Reichenbachstr. 29 Ruf 2 02 96  
Nürnberg, Schleiermacherstr. 13 Ruf 5 27 48  
Stuttgart, Mittelstraße 45 Ruf 6 89 27

Ausland-Büros  
Rotterdam • Charleroi • Luxemburg • Oslo  
Stockholm • København • Wien • Budapest  
Madrid • Athen • Ankara • Cairo • Tokio



**RELAYS**  
Fernsteuergeräte  
Bauteile für die Fernmeldetechnik

**FRANZ BAUMGARTNER**  
Fabrik elektrischer Apparate  
BERGISCHGLADBACH 1939

**ELEKTRISCHE UHREN**

Hauptuhren mit Nebenuhren  
Signaluhren für Fabriken und Schule  
Lautwerke verschiedenster Art  
liefert seit Jahrzehnten

C. Theod. Wagner A.-G., Wiesbaden 1



Unser kombinierter  
**Kabel-, Trafo- und Mastenwagen**  
senkt die einschläg. Kosten um 50%

**Conrad Möller, Fahrzeugfabrik**  
KONSTANZ  
Schubertstraße 2



**DACHSTÄNDER-EINDECKBLECHE**  
einteilig und nach DIN 48170

**ANKER-EINDECKBLECHE**  
einteilig, zweiteilig und mit **DREHBAREN STÜTZEN**

Mastkappen  
Verzinkte Aussteigläden  
Verzinkte Erdplatten

**Robert Brückel, Lang-Göns (Hessen)**  
Fabrikation von Blechwaren



BRÜCKEL  
LANG / GÖNS

1875-1950  
**75**  
JAHRE  
BRÜCKEL



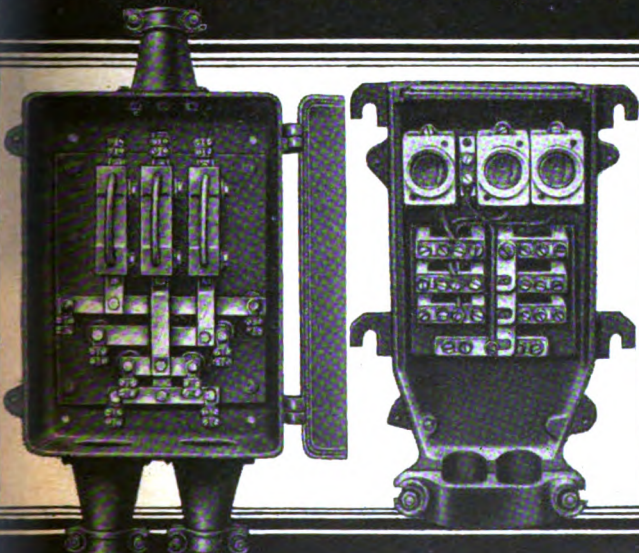


**RINGSDORFF**

**RINGSDORFF-WERKE GMBH MEHEM-RHEIN**

### DURCHSCHLEIFKASTEN

für Hausanschluß mit Trennvorrichtung  
bis 3x 100 Amp.+0  
mit u. ohne Konsumenten-Anschlußraum



mit Griffsicherungen bis 3x350Amp.+0  
in verschiedenen Ausführungen

**KÖTTGEN & Cie. GMBH**  
**BERGISCH GLADBACH**

# F&G

## Kondensatoren mit Papier- und Styroflexdielektrikum

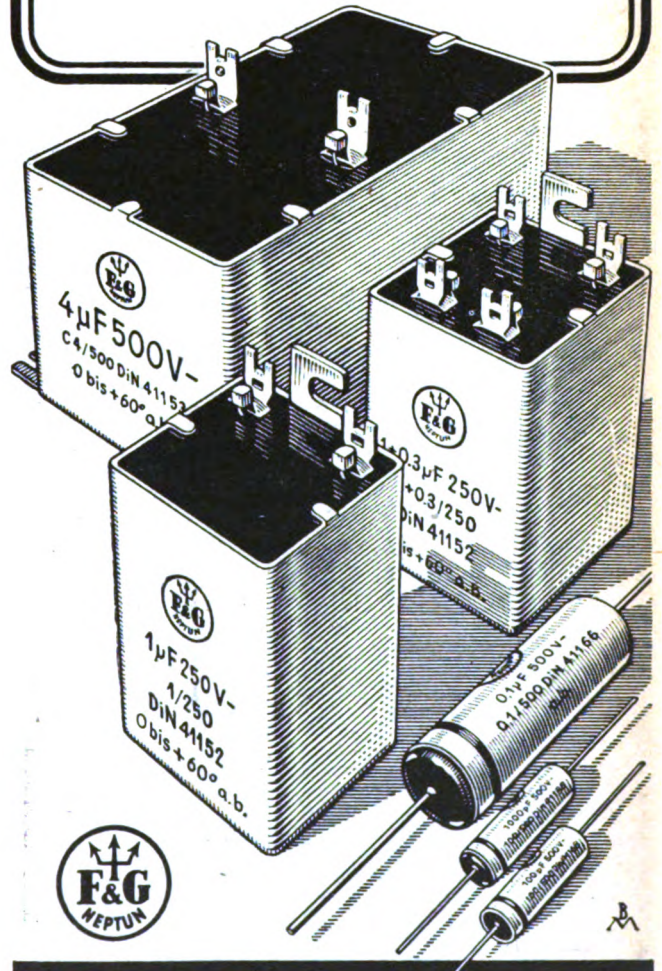
für Rundfunk und  
Fernmeldetechnik

zur Entstörung

zur Kompensation des  
Blindstromes

\*

**Motorkondensatoren**



**Felten & Guillaume Carlswerk AG**  
**Köln-Mülheim**





**KABEL**  
**LEITUNGEN**  
**LACKDRÄHTE**  
**DYNAMODRÄHTE**

**MÄRKISCHE  
KABELWERKE A.G.**  
BERLIN - SPANDAU

**GEYER**

**Zählertafeln**  
für Licht- und Kraftanlagen in Blech- und Isolierstoff-Ausführung.

**C.G.N.**

**CHRISTIAN GEYER**  
NÜRNBERG - S  
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK

**Hochleistungs-Kaliberwalzen**  
für die Leitungsdraht- u. Kabelfabrikation

**KLINGELNBERG**  
W. FERD. KLINGELNBERG SÖHNE, REMSCHEID

*Seit drei Jahrzehnten*

glasierte  
**PANTOHM-Widerstände**  
betriebsicher und absolut zuverlässig in allen Schaltungen

\*  
Glasierte und zementierte  
**DRAHT-Widerstände**  
liefert in großer Typenzahl für alle praktischen Widerstands- und Belastungswerte das  
**DRALOWID-WERK**  
der

**STEATIT-MAGNESIA AKTIENGESELLSCHAFT**  
WERK PORZ/RHEIN VOR KÖLN

*Wir liefern:*  
**SCHALTGERÄTE**  
**SCHALTANLAGEN**  
 für jeden Zweck  
 in alter Qualität

*mit dem Zeichen*

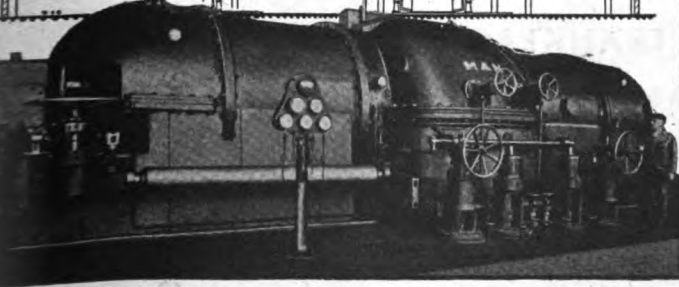
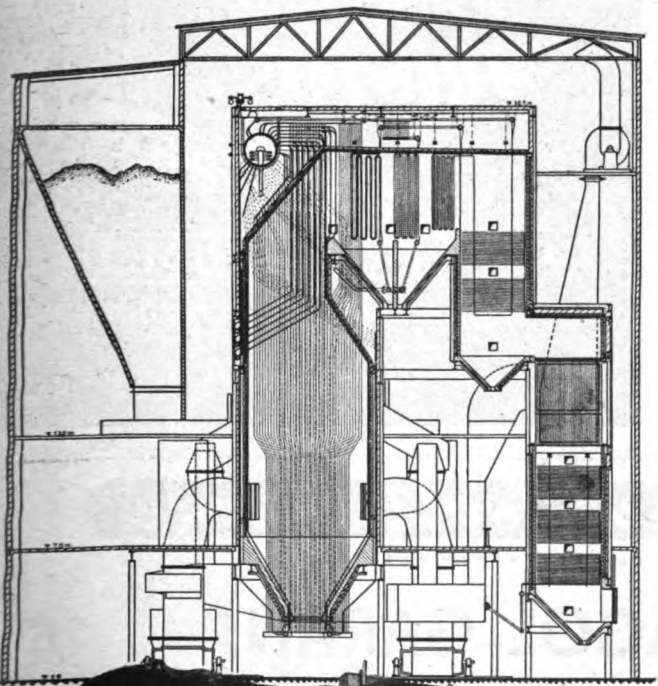


**LUFTSCHÜTZ**  
**TYPE 60 Z**

Hohe Leistung bei geringem Gewicht  
 mit dem leicht zugänglichen, einstellbaren und brummfreien Magnetsystem.



**VOIGT & HAEFFNER AG FRANKFURT MAIN**



**M · A · N**

**DAMPFKESSEL**

**DAMPFTURBINEN**

**DAMPFMASCHINEN**

SCHLÜSSELFERTIGE  
**DAMPFKRAFTWERKE**

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G. WERK NÜRNBERG

*Das kleine weiße  
mit dem*  
**BLAUEN RING**

*ist der*  
**SURSUM-  
PK**



Der Schraubautomat für  
6, 10, 15 A. u. Spannungen bis  
250 V. Gl- und 380 V. W-Strom

Er schützt Leitungen und Ge-  
räte vor Überlastung und  
schaltet Kurzschlüsse von

♦ 5000 Amp. ♦

und darüber einwandfrei ab;  
das ist mehr als das Vierfache  
des vom V. D. E. vorgeschrie-  
benen Prüfstroms von 1200 A.



**SURSUM**  
ELEKTRIZITÄTS-GESellschaft  
LEYHAUSEN & CO. NÜRNBERG  
ELEKTROTECHN. SPEZIALFABRIK

# Transformatoren

bis 1600 KVA  
auch in Sonderausführung



Sonstige  
Erzeugnisse:  
Trennschalter  
Schub-  
Trennschalter  
Stützer  
Durch-  
führungen

Drehstrom-  
Oeltrans-  
formator  
200 kVA  
20 kV  
Normalaus-  
führung




**Starkstrom - Gerätebau**  
G. m. b. H.  
Burgweinting bei Regensburg



**Unser Relais-Programm:**



**EBERLE & CO**  
ELEKTRO-G.M.B.H.  
NÜRNBERG  
OEDENBERGER STR. 57/65

- Quecksilber-Relais  
in allen Ausführungen
- Steuer-Relais
- Verzögerungs-Relais
- Phasenwächter
- Batterie-Relais
- Erdschluß-Relais
- Überstrom-Relais
- Starkstrom-Anschalt-Relais
- Temperatur-Regler
- Brandsicherungen
- Schweißzeitbegrenzer
- Dämmerungschalter

# ARISTO



**STUDIO**

für den überlegenen Rechner

DENNERT & PAPE · HAMBURG · ALTONA



# Elektro-Isolierlacke

NACH VERFAHREN FRENKEL

## ESAGOL-GARANT

TRÄNKLACK 407 956

für höchste Anforderungen

# Schramm

Lack- und Farbenfabriken Aktiengesellschaft  
OFFENBACH - MAIN



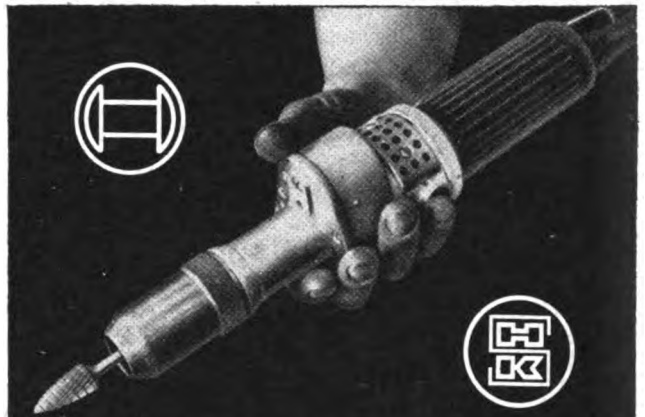
# Seilspann-

## Klemmen

für Aluminium, Stahl-Aluminium,  
Kupfer-u. Stahlseile.  
Das ideale Werkzeug



**Karl Pfisterer**  
STUTT GART - UNTERTÜRKHEIM



*Die Werkzeugmaschine in der Hand  
bringt die Befreiung von mühseliger,  
kostspieliger Handarbeit und verbürgt  
wirtschaftliche hochwertige Fertigung*

### BOSCH-ELEKTRO-WERKZEUGE

Handmotoren, Schleifer, Schrauber, Blechscheren,  
Ventileinschleifer, Gewindeschneider, Polierer

BOSCH-HÄMMER

BOSCH-HOCHFREQUENZ-WERKZEUGE

### HAHN & KOLB STUTTGART

BERLIN · DÜSSELDORF · FRANKFURT AM MAIN  
HANNOVER · LEIPZIG · MÜNCHEN · NÜRNBERG



### Leitungsschutz- Hochleistungs- Sicherung

(nach dem 3-Kanal-System) 2-60 Amp., 750-1200 Volt

Schaltet Kurzschlußströme bis 40 KA eff. in Netzen  
mit hoher Induktivität (7 m. H.) einwandfrei ab.

Besonders großes Schaltvermögen für die erhöhten Anfor-  
derungen des elektrischen Bahnbetriebes und der Industrie.

Preise und Prospekte auf Anfrage

**Jean Müller o. H. G., Eltville a. Rh.**

Elektrotechnische Fabrik



1911 - 1951  
40 Jahre

**STAHLBLECH-**  
Schaltbatterien  
Schaltschränke  
Schalttafeln  
**STEUERUNGS-**  
**ANLAGEN**

**Elektro-Leber**  
(17 b) Freiburg (Breisgau)  
Klarastraße



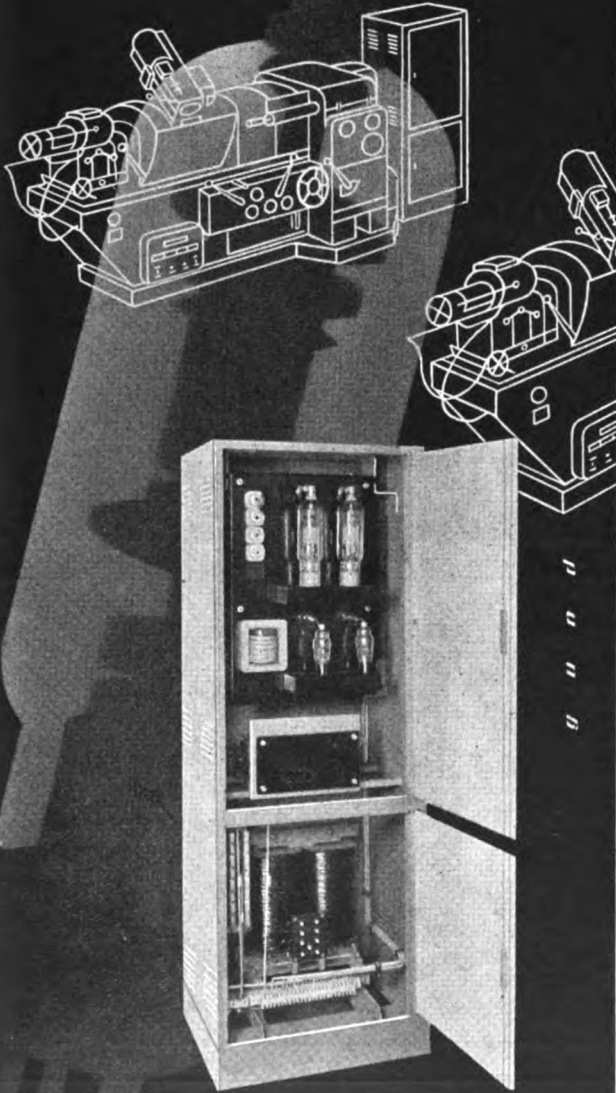


In allen Schmierungsfragen:

## SHELL TECHNISCHER DIENST

DEUTSCHE SHELL AKTIENGESELLSCHAFT

ZWEIGNIEDERLASSUNGEN IN BERLIN, BREMEN, DÜSSELDORF, FRANKFURT/M., HAMBURG,  
HANNOVER, KÖLN, LUDWIGSHAFEN, MÜNCHEN, NÜRNBERG, STUTTGART

**BBC***Stufenlose*  
**REGELUNG****IHRER MASCHINEN  
DURCH ELEKTRONISCHE STEUERUNG**

Immer mehr geht die Industrie zu Elektronik-  
Steuerungen für alle Regelantriebe über.  
Beratung und Angebote unverbindlich durch unsere  
Zentrale in Mannheim oder unsere technischen Büros  
im ganzen Bundesgebiet.

**BROWN, BOVERI & CIE. AG.  
MANNHEIM**

14704

## Strom- u. Spannungswandler



Strom- u. Spannungswandler Reihe 0,5 bis Reihe 220  
Stufen- u. Promillewandler für Laboratorium u. Prüffeld  
Prüftransformatoren bis 600 kV

**MESSWANDLER-BAU-GMBH · BAMBERG**

## *hochwertige* ELEKTRISCHE MESSGERÄTE

*Zuverlässig  
preiswert*



**Präzisions-Meßgeräte**  
mit eisengeschirmten, elektrodynamischen Meßwerk  
für Gleich- und Wechselstrom  
Meßgrößen: Strom, Spannung und Leistung  
Genauigkeit: Klasse 0,2  
Skala: spiegelunterlegt, Bogenlänge 150 mm  
Nähere Daten finden Sie in der Liste P 64/65/S

**NORMA**

FABRIK ELEKTRISCHER MESSGERÄTE Gesellschaft  
WIEN XI/79, FICKEYSSTRASSE 1-11





# Elektra-Isolierlacke

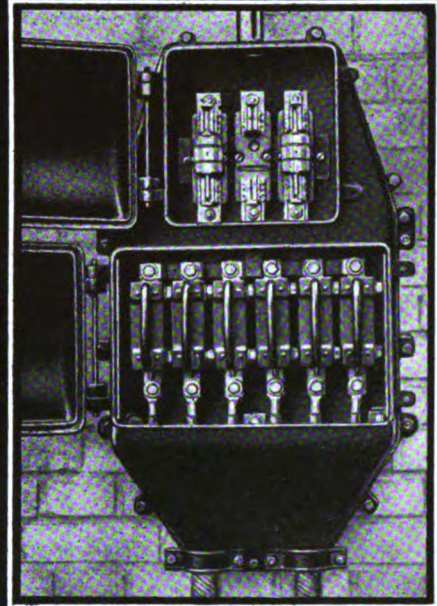
zeichnen sich durch

**hohe Beständigkeit gegen  
Wärme,  
Feuchtigkeit,  
atmosphärische und  
chemische Einflüsse aus.**

Jahrzehntelange Erfahrung  
bürgt für hohe **Qualität!**

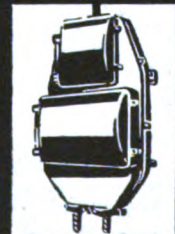


**Elektra - Lack - Gesellschaft  
m. b. H. - Bruchsal**



Neuartige  
**Durchschleifkasten**  
für Kabelnetze

mit längsgeteiltem  
plombierbarem  
Gußgehäuse und  
Abonnenten-Anschlußraum  
bis 350 Amp.



Type MDK


**SÜDDEUTSCHE KABELWERKE MANNHEIM**



*Elektrotechnische  
SPEZIALARTIKEL*

gut durchdachte  
und bewährte  
Konstruktion  
dabei

*formschön*

GEBR. BERKER  SCHALKSMÜHLE/WESTF.



# TRANSFORMATOREN 1-1000 VA und DROSSELN

*für sämtliche Anwendungsgebiete*

DIPL. ING. ERNST  
**PLATHNER**

TRANSFORMATORENFABRIK / BARSINGHAUSEN (HANNOVER)

**Leitungen**

**Wickeldrähte**

**HF Kabel**  
für Rundfunktechnik

**Leonische Drahtwerke AG**  
NÜRNBERG

**ELEKTRO-SONDERSCHALT-GERÄTE**

**PETERREINS**

**SCHALTERBAU-K.G.-NÜRNBERG**  
LANGGRABENSTR. 34 TEL. 41745 · DRAHTWORT: SCHALTERBAU

# THERMOSTATE

Vertreter gesucht

FONOVITS WIEN  
TYPE KSB  
220V~ 2 Amp

Kleinsten Thermostat der Welt  
Resonanz-Schaltung 0,015oh.  
Schaltleistung 2A 220V  
Schaltdifferenz ± 1,5°C

1:1

ING. RICHARD  
**FONOVITS**  
KOMMANDITGESELLSCHAFT  
WIEN XVII. RANFTLGASSE 17

# Eine Freude zu Weihnachten

macht jeder gern

Haben Sie schon einmal daran gedacht, daß der Ihnen verwandte oder befreundete Fachkollege bzw. Student ebenso gern wie Sie die ETZ lesen würde, aber wegen seiner augenblicklich schwachen finanziellen Lage auf den Bezug verzichten muß? Gerade in einer wirtschaftlich ungünstigen Situation aber sind der Kontakt mit der fortschreitenden Entwicklung im Fach und die ständige Orientierung auf dem „Stellenmarkt“ unerlässlich!

Schenken Sie ihm ein Jahresabonnement der ETZ 1952!

Wir haben dafür einen festlichen „Geschenkschein ETZ 1952“ geschaffen. Diesen Schein können Sie vom Verlag zu dem Preis beziehen, den Sie selbst z. Zt. für den Jahrgang zahlen, und zu Weihnachten eine Gabe auf den Tisch legen, die zumindest ein ganzes Jahr lang den Beschenkten an Sie erinnert.

Wuppertal · Elberfeld  
Briller Str. 99

VDE-VERLAG GMBH.

Berlin · Charlottenburg 4  
Bismarckstr. 33

**HEIZLEITER-  
und  
WIDERSTANDS-  
WERKSTOFFE**  
*für alle  
Verwendungszwecke*

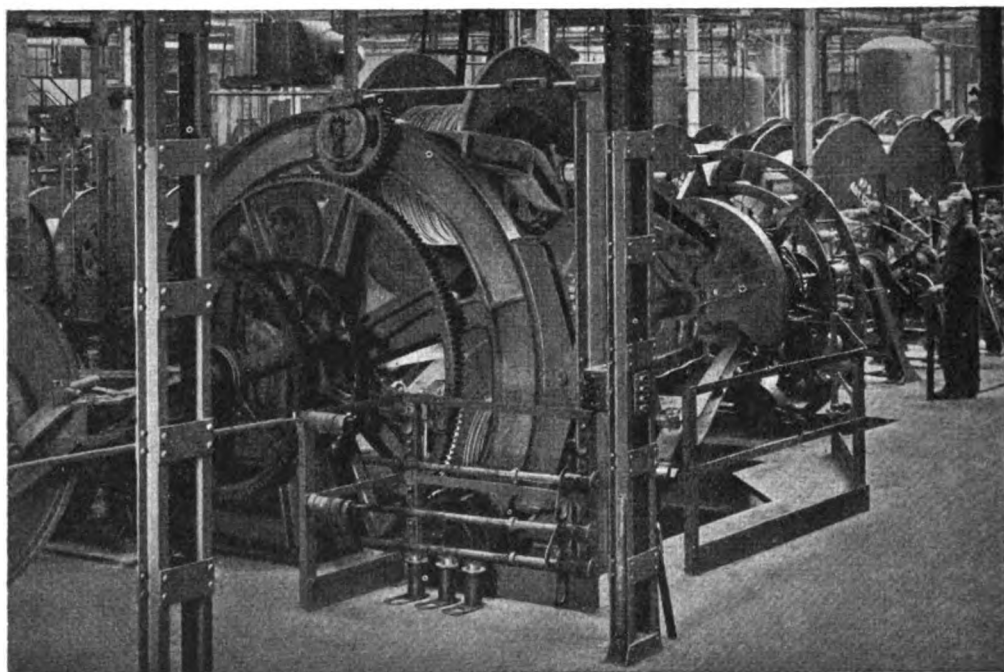
**VEREINIGTE DEUTSCHE METALLWERKE A. G.**  
**ZWEIGNIEDERLASSUNG BASSE & SELVE**  
ALTENA (WESTF.)

007 B





*M*oderne Maschinen und ein bewährter Stamm erfahrener Fachkräfte fertigen in unseren Kabelwerken heute wieder alle Arten von Starkstromkabeln und -leitungen. Diese Voraussetzungen bieten die Gewähr für eine Fabrikation nach dem neuesten Stand der Kabeltechnik.



Verseilmaschine im Kabelwerk Berlin-Gartenfeld

Unser Fertigungsprogramm reicht von den einfachen, handelsüblichen Leitungen für die Hausinstallation bis zu 220 kV-Ölkabeln für Überlandwerke und die Großindustrie. Auf Grund unserer umfassenden Erfahrungen fertigen wir auch geeignete Sonderkonstruktionen, die den speziellen Betriebsbedingungen insbesondere im Bergbau, in der chemischen Industrie, im Schiffbau und in Verkehrsbetrieben Rechnung tragen.



Laufend verlassen Lastzüge mit Fertigerzeugnissen unsere Werke in Berlin-Gartenfeld und in Neustadt bei Coburg

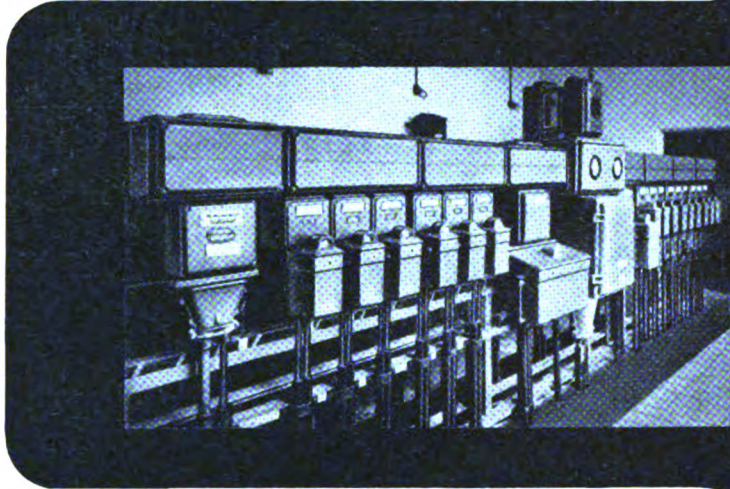
SIEMENS - SCHUCKERTWERKE AKTIENGESELLSCHAFT



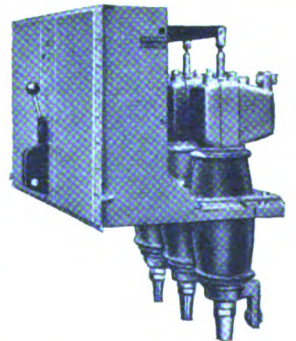
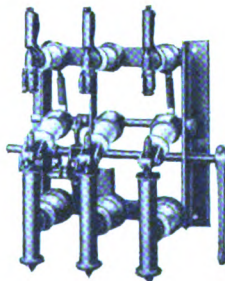
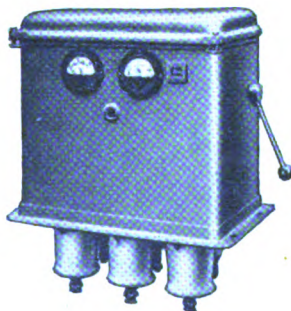
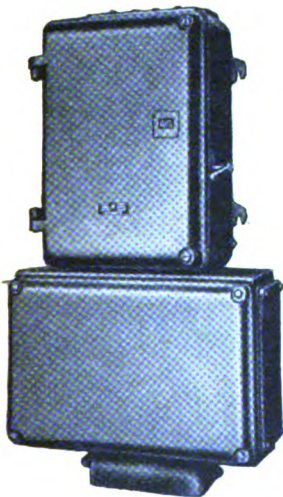
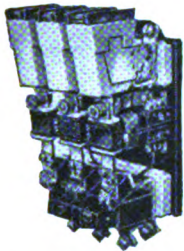
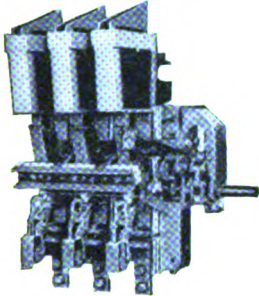
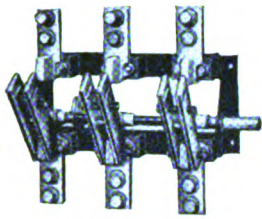
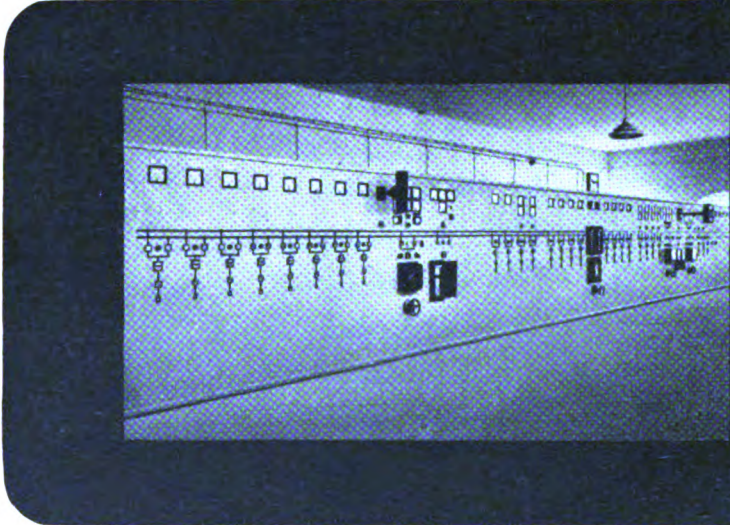
OFFENE UND GEKAPSELTE



NIEDERSPANNUNGS-SCHALTANLAGEN




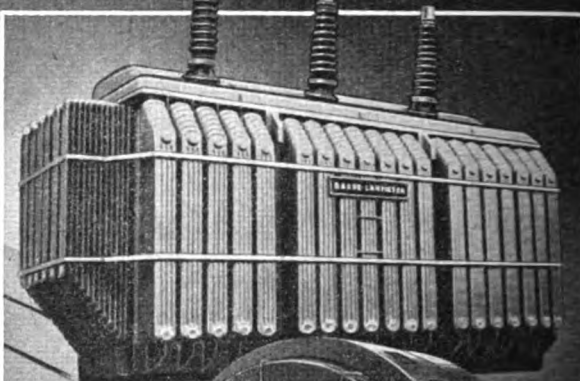
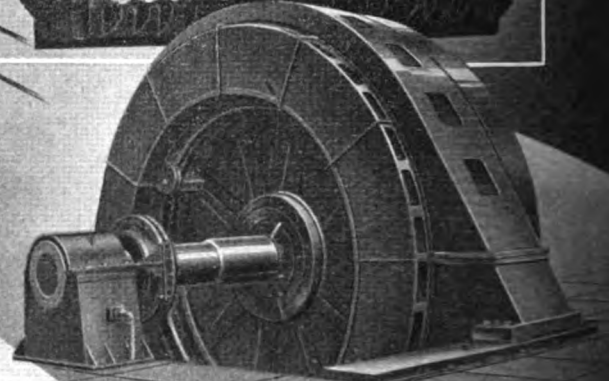
HOCHSPANNUNGS-SCHALTANLAGEN



ELEKTRIZITÄTS - AKTIENGESELLSCHAFT  
TELEFON 2872 RATINGEN BEI DÜSSELDORF

HOCH- UND NIEDERSPANNUNGS-SCHALTGERÄTE UND -ANLAGEN



Drehstrom - Motoren  
 Drehstrom - Generatoren  
 Gleichstrom - Motoren und -Generatoren  
 Drehstrom - Transformatoren  
 Frequenz - Umformer und -Generatoren  
 Schweißumformer und -Generatoren  
 Komplett Schaltungen

Garbe, Lahmeyer & Co. Aktiengesellschaft Aachen

301-50



Prüfgerät  
zur Prüfung der  
Wirksamkeit  
von Erdung und  
Nullung  
Type MG 1

*Unser Fertigungsprogramm* umfaßt weiterhin:

Schalttafel-Aufbau- und Einbau-Instrumente in runder Ausführung und in quadratischer Ausführung mit rundem Einbaugehäuse, und zwar mit Drehaisen- und Drehspul-System, letztere auch mit eingebautem Trockengleichrichter, elektrodynamische eisengeschlossene Einfach-, Zweifach-, Dreifach-Wattmeter, Einfach- u. Doppelzungen-Frequenzmesser, Dreifach-Instrumente, Nullvoltmeter, Doppelvoltmeter, Kontakt- u. Schleppzeiger-Instrumente, Isolationsmesser mit eingebautem Kurbelinduktor, separate Nebenwiderstände, Ohmmotor, tragbare Instrumente und tragbare Kleinmeßgeräte.

MÜLLER & ZIEGLER, PLEINFELD

Spezialfabrik elektrischer Meßgeräte

Fernsprecher: Pleinfeld Nr. 46 • Telegramm-Adresse: Meßgeräte Pleinfeld

## MESSWANDLER

aller Bauarten,  
Reihen und Klassen





DR. - ING. HANS RITZ

Meßwandlerwerk  
Hamburg 4

# NIEDERSpannungs- REGELTRANSFORMATOREN



*STROM- u. SPANNUNGS-  
REGELUNG  
für  
ALLE ZWECKE*

**KOCH u. STERZEL**  
AKTIENGESELLSCHAFT  
**ESSEN**

STUTTGART

T 95 allg

*Messen*

## FABRIKATIONSPROGRAMM

### Autogene Metallbearbeitung

Azetylen-Entwickler  
Schweiß-, Schneid- und Lötbrenner  
Druckminderer

Brennschneidmaschinen  
Oberflächen-Härtemaschinen

### Elektro-Schweißung

Widerstand-Schweißmaschinen  
Lichtbogen-Schweißmaschinen  
Schweiß-Elektroden  
Induktions-Erwärmungs-Anlagen

### Großanlagen für Schweißtechnik und chemische Industrie

Azetylen-Erzeugungs-Anlagen  
Sauerstoff-Stickstoff-Gewinnungsanlagen  
Koksogas-Zerlegungsanlagen

**ADOLF MESSER G.M.B.H.**  
FRANKFURT AM MAIN

0321

MIT

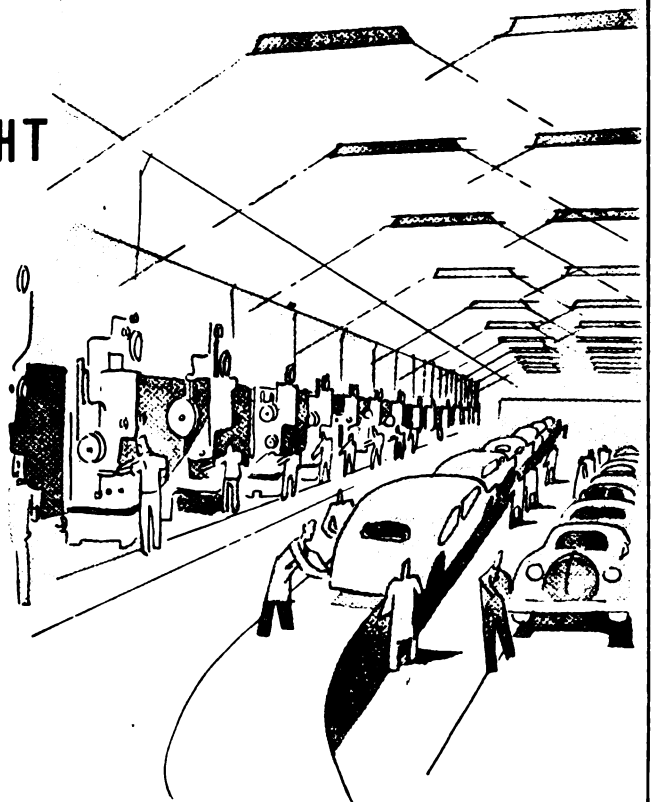
# OSRAM LICHT

*zu höchsten  
Arbeitsleistungen*

Helles Licht und äußerste Wirtschaftlichkeit sind die Kennzeichen aller OSRAM-Lampen. Viele OSRAM-Lampen sind für eigene, besondere Zwecke entwickelt und stehen dem Elektro-Lichtfachmann für seine vielseitigen Aufgaben zur Verfügung

**OSRAM**

Hochleistungslampen von Weltruf



SCHNEIDER



**Stromag**  
 Schlitzabdeckung DRP  
 für Schleifleitungskanäle

**Maschinenfabrik Stromag**

Unna i. Westf.

Postfach 651

Ruf 2751 - 54

**TUCHEL KONTAKT**

KONTAKTE  
 f. ÜBERTRAGUNGS- & MESSTECHNIK  
 TELECOMMUNICATION

HEILBRONN HECKER  
 U.S. LORE GERMANY  
 TEL. 2389

**TROISDORFER KUNSTSTOFFE**

**TROLITAX**  
HARTPAPIER-  
PLATTEN

**TROLITUL-**  
PLATTEN, STÄBE,  
ROHRE, PROFILE  
UND FOLIEN

**DYTRON**  
HARTGEWEBE-  
PLATTEN

angewendet in:

**STARKSTROMTECHNIK  
 SCHWACHSTROMTECHNIK  
 FERNMELDETECHNIK  
 RADIOTECHNIK**

**DYNAMIT-ACTIEN-GESELLSCHAFT VORMALIS ALFRED NOBEL & CO.  
 ABTEILUNG VENDITOR KUNSTSTOFF-VERKAUF TROISDORF/KÖLN**

Geräte für

# Ultraschall- Technik

- T 70, das kleine Laborgerät  
Gesamtleistung 70 Watt
- T 150, das Laborgerät stärkerer Leistung  
Gesamtleistung 150 Watt
- T 500, das Gerät für mittlere Betriebe  
Gesamtleistung 500 Watt
- T 1000, das Gerät für den Großbetrieb  
Gesamtleistung 1000 Watt
- MP 1, das Materialprüfgerät  
zur Prüfung von Werkstücken

**Dr. LEHFELDT & Co. GmbH.**  
 Fabrik für technische und therapeutische Ultraschallgeräte

HEPPENHEIM / BERGSTR.  
 Telegramm: Lehfeldt Heppenheimbergstr., Tel. 263



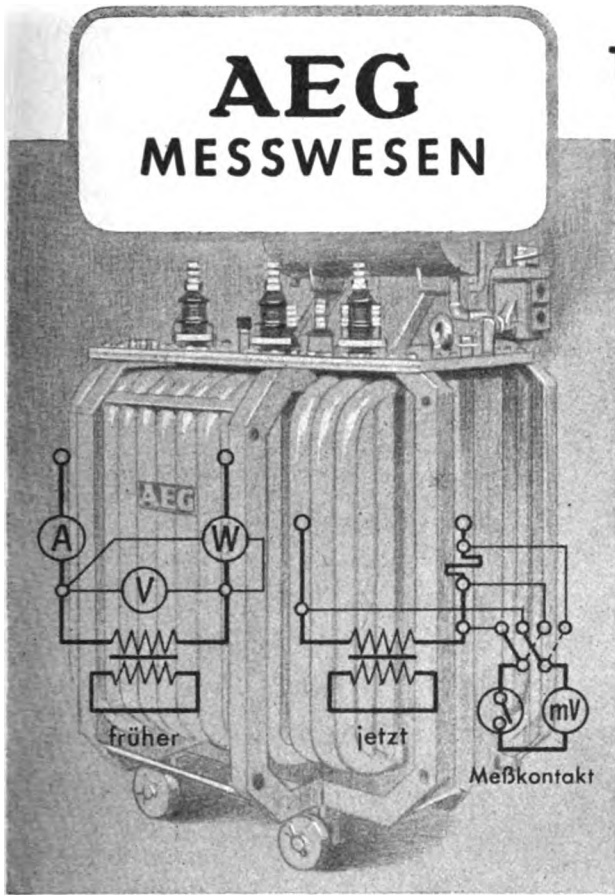
# AEG MESSWESEN

## Transformator- Untersuchungen mit dem AEG Vektormesser

- sind
- genau** da der Absolutfehler des Instrumentes aus der Messung herausfällt (Strom- und Spannungsmessung)
  - einfach** da Wirk- und Blindkomponente der Kurzschlußspannung direkt gemessen wird
  - vielseitig** da kleinste Übertrager ebenso wie Großtransformatoren (über 300 V und 5 A mit Meßwandlern) gemessen werden können



Fordern Sie Auskünfte über die universelle Anwendbarkeit des Vektormessers



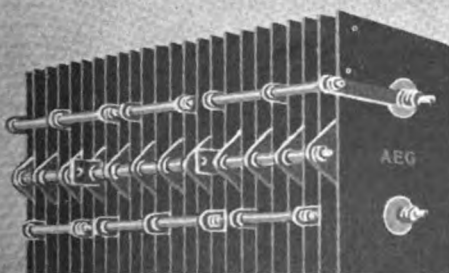
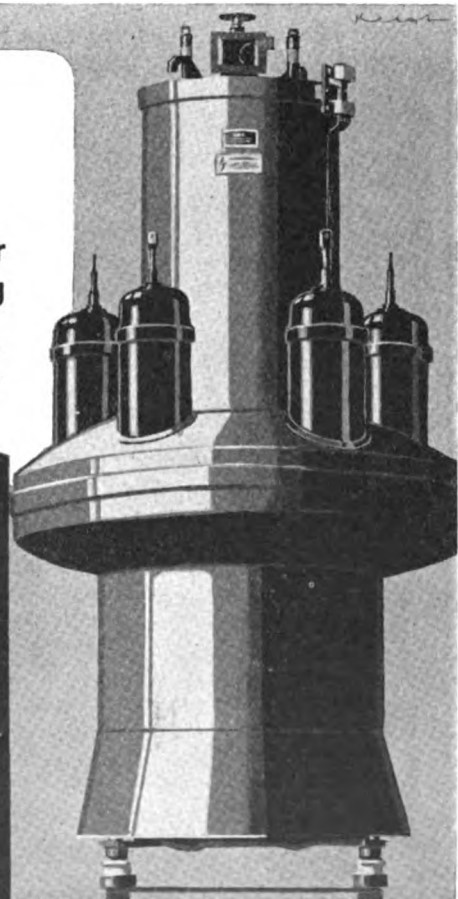
**ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS - GESELLSCHAFT**

5368

# AEG Stromrichter

Das weitgespannte Programm für alle Probleme der Stromumformung

Selen-Gleichrichter · Glühkathoden-Gleichrichter  
Quecksilberdampf-Glas- und Eisen-Stromrichter  
Kontakt-Gleichrichter



**ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS - GESELLSCHAFT**

Von namhafter westdeutscher Firma  
wird ein

# Konstrukteur

für

## Hochspannungsschaltgeräte

gesucht.

Verlangt werden eingehende Erfahrungen auf dem Gebiete der Hochleistungsschalter (Ölarme u. Druckgas-Schalter) von 10 bis 30 kV, Fähigkeiten zur selbständigen Entwicklung neuer Typen in Zusammenarbeit mit einem Hochleistungsprüffeld und zur Anleitung von Mitarbeitern bei der Fertigung werkstattreifer Unterlagen.

Geboten wird aussichtsreiche Stellung zu günst. Bedingungen. Bewerbungen mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Angabe der Gehaltsansprüche und des Eintrittstermines erbeten unter W 395 an

ANNONCEN - SCHURMANN, Düsseldorf, Graf-Adolf-Straße 12.

Wir suchen zum baldigen Antritt

## junge Diplom-Ingenieure und Fachschulingenieure

mit guten elektrotechnischen und fernmeldetechnischen Kenntnissen für Laboratorium, allgemeine signal- und schaltungstechnische Entwicklung sowie technische Projektierung. Es handelt sich um interessante und junge Arbeitsgebiete, die tüchtigen und strebsamen Ingenieuren Entwicklungsmöglichkeiten bieten.

## Einen jungen Diplom- oder Fachschulingenieur

für konstruktive Entwicklung elektrischer Schaltgeräte mit besonderer Neigung u. Begabung für Konstruktion.

## Einen Ingenieur

mit abgeschlossener Fachschulbildung, Fachrichtung Starkstrom, zur technischen Bearbeitung von Stromversorgungsanlagen.

Ferner

## einen jungen Diplom-Ingenieur der Elektrotechnik

zur Unterstützung des Leiters unseres Patentbüros mit guten Kenntnissen auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik.

Bewerbungsunterlagen mit Zeugnisabschriften und handschriftlich geschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, erbeten unter ETZ 406/51 an den Verlag.

### KLÖCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ AG-KÖLN

PERSONALVERWALTUNG FÜR ANGESTELLTE

Wir suchen für unsere Anlagenabteilung einen

## Elektro-Ingenieur

(HTL oder TH)

mit guten Kenntnissen des Dieselmotorenbaues. Auch ein Ingenieur der Fachrichtung Maschinenbau mit guten elektrotechnischen Kenntnissen kommt evtl. in Frage. Das Arbeitsgebiet umfaßt die gesamte Auftragserledigung von ortsfesten Kraftanlagen. Technisches Englisch fließend lesen können Bedingung. Englisch sprechen erwünscht.

Angebote mit handgeschriebenem Lebenslauf und Zeugnisabschriften unter Angabe der Kennziffer 316 an obige Anschrift erbeten.

Kommunales Elektrizitätswerk im Rheinland  
sucht für die Zählerabteilung einen

## Meister

mit Erfahrungen in der Zählerwerkstatt und im Eichwesen.

Es kommen nur zuverlässige Bewerber in Frage, die Erfahrungen in sachlicher und personeller Hinsicht nachweisen können. Nach einer Probezeit von 6 Monaten erfolgt die Anstellung nach Vergütungsgruppe VII TO.A. Bewerber, die unter Artikel 131 GG fallen, werden bevorzugt.

Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf, Lichtbild, Referenzen, Zeugnisabschriften und Entnazifizierungsbescheid sind bis zum 10. Januar 1952 unter ETZ 485/51 an den Verlag einzureichen.

Wir suchen zum 1. 4. 1952 oder früher

## einen Ingenieur

für unser Elektrizitätswerk zur Bearbeitung von wirtschaftlichen Untersuchungen und Abnehmerfragen (Tarife, Abnehmerberatung, Werbung, Installationswesen, Prüfung von elektrischen Anlagen). Es kommen nur befähigte Kräfte im Alter bis zu 50 Jahren mit langjährigen praktischen Erfahrungen auf dem Gebiete der Elektrizitäts-Versorgung u. -Anwendung in Frage.

Geboten wird Dauerstellung. Werkswohnung vorhanden.

Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, möglichst mit Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten an den

Vorstand  
der

Aktiengesellschaft für Versorgungs-Unternehmen  
im Ennepe-Ruhr-Kreis, Gevelsberg i. Westf.

Das Posttechnische Zentralamt in Darmstadt sucht tüchtigen

## Lichttechniker

der in der Lage ist, große Beleuchtungsentwürfe selbständig zu bearbeiten. Erwünscht sind auch Erfahrungen in der laboratorienmäßigen Prüfung von Leuchtmitteln und Leuchten sowie nach Möglichkeit im Verwaltungsdienst. Vergütung nach VergGr. V bzw. der TO A. Halbjährige Probezeit.

Bewerbungen sind an das Posttechnische Zentralamt in Darmstadt zu richten.



**HACKETHAL**

Starkstrom-  
PAPIERBLEIKABEL

HACKETHAL  
HANNOVER

DRAHT- UND KABEL-WERKE A.G. HANNOVER

Einfach die Form

und

völlendet die Präzision

**BOPP & REUTHER**  
G.M.B.H.  
MANNHEIM-WALDHOF

Me 454

**HF-STROMMESSER**  
mit Thermoumformer für Frequenzen von 0...1000 MHz  
mit HF-Stromwandler für Frequenzen von 1...40000 kHz

H&B

für genaue Messungen  
in der  
Mittel- und Hochfrequenz-Heiztechnik  
Trägerfrequenz- und Funksendetechnik  
Kurzwellen-Therapie und Ultraschall-Technik

HARTMANN & BRAUN AG FRANKFURT/M

**NEUE**  
SELBSTREPARIERBARE  
**CONCORDIA**

**HOCHLEISTUNGS-  
SCHALTERSICHERUNG**  
TYPE TC  
mit festem Löschmittel  
bis 20 kV  
\*

**ALLBEKANNTE**  
**HOCHLEISTUNGS-  
UNTERBRECHER**  
TYPE AC  
mit flüssigem Löschmittel  
bis 150 kV  
\*

BEI BEIDEN TYPEN:  
ÜBERSpannungsfREIE ABSCHALTUNG

**CONCORDIA GMBH STUTT GART**

Führendes Werk für elektrische Kleingeräte und Installationsmaterial sucht für seine Export-Abteilung sprachkundigen

## Ingenieur

Nach entsprechender Einarbeitung soll sein Arbeitsgebiet die technische Betreuung der eigenen Export-Abteilung, die Beratung der ausländischen Abnehmer und die damit verbundene Reisetätigkeit umfassen.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen unter ETZ 464/51 an den Verlag erbeten.

Elektrofirma im Ruhrgebiet sucht zur Unterstützung der technischen Leitung jüngeren, strebsamen und überdurchschnittlich begabten

## Diplom-Ingenieur

der Fachrichtung Elektrotechnik.

Es kommen nur Bewerber in Frage, die eine mehrjährige Prüffeldpraxis oder eine Tätigkeit als Fabrikations-Ingenieur nachweisen können und in der Lage sind, Berechnungen von Gleich- und Drehstrommotoren durchzuführen.

Energische und gewandte Persönlichkeiten wollen ihre Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf usw. unter ETZ 458/51 an den Verlag einreichen.

Kommunales Elektrizitätswerk im Rheinland sucht zur Unterstützung des Kraftwerksleiters zum 1. 1. 1952 jungen

## Diplom-Ingenieur

Bewerber, die ausreichende Kenntnisse in der Elektrotechnik und auf dem Gebiete der Maschinen- und Wärmetechnik und kurze Praxis in einem Kraftwerksbetrieb nachweisen können, richten Bewerbungsunterlagen mit Lichtbild unter ETZ 456/51 an den Verlag.

Elektrotechnische Fabrik Südwestdeutschlands sucht jungen

## Diplomingenieur

für Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der magnetischen Regelmotoren.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, frühestem Eintrittstermin erbeten unter ETZ 468/51 an den Verlag.

## Elektro-Ingenieur von größerer Maschinenfabrik Süddeutschlands g e s u c h t.

(TH oder HTL) für die Bearbeitung und Weiter-Entwicklung von elektrischen Aufzugssteuerungen.

Herren, die auf diesem Gebiet bereits Erfahrungen besitzen, werden um Einsendung ihrer Bewerbungsunterlagen mit Lichtbild, Zeugnisabschriften und Angaben der Gehaltsansprüche gebeten unter ETZ 463/51 an den Verlag.

Gr. Werk d. Elektro-Ind. i. Obb. sucht für sofort:

## Jüng. Laboringenieur (Dipl.-Ing.)

f. d. Entwickl. v. Elektro-Haushaltgeräten, Werkswohnung nach Bewährung.

Ausf. Bewerb. m. übl. Unterl. unter ETZ 492/51 an den Verlag erbeten.

## Elektromotorenfabrik

sucht

## Diplom-Ingenieur für Berechnung und Entwicklung elektrischer Maschinen

Es kommen sowohl Anfänger als auch Herren mit Erfahrungen auf diesem Gebiet in Betracht.

Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen und Gehaltsanspruch unter ETZ 472/51 an den Verlag erbeten.

## Anlagenprüfer

für mittleres EVU in Ostwestfalen zur Abnahme und Überprüfung elektrischer Installationsanlagen zum baldigen Eintritt gesucht. Längere praktische Tätigkeit und abgelegte Meisterprüfung im Elektro-Installateurgewerbe sowie Kenntnis der VDE-Vorschriften sind notwendig. Vergütung erfolgt nach TO. A Gruppe VII. Personen, die unter Art. 131 des Grundgesetzes fallen, werden bevorzugt. Ausführliche Bewerbungen mit Lichtbild, selbstgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Referenzen unter ETZ 460/51 an den Verlag erbeten.

Junger mögl. lediger

## Diplomingenieur für Elektrotechnik

mit pädagogischer Veranlagung und Neigung zum Lehrberuf gesucht.

Fächer: El. Maschinenbau, Meßtechnik, Hochspannungstechnik und Grundfächer.

Bewerbungen mit Lichtbild und Ansprüchen erbeten an

INGENIEURSCHULE LAGE 1/L

Jüngerer

## Diplom-Ingenieur

der Elektrotechnik

mit etwa 2jähriger Praxis nach der Diplomprüfung für den Überwachungsdienst gesucht. Schriftl. Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild unter ETZ 461/51 an den Verlag erbeten.

Wir suchen einen tüchtigen

## Offert-Ingenieur

für Hochspannungsapparate, möglichst mit Sprachkenntnissen und einen

## Projektor

für Hochspannungsschaltanlagen zum baldigen Eintritt. Angebote mit Bildungsgang, Referenzen, Gehaltsansprüchen und Eintrittstermin an

CONCORDIA, Maschinen- und Elektrizitäts-GmbH.,  
Stuttgart-O., Talstr. 41

Größere Industrie-Patentabteilung in Süddeutschland sucht selbständigen

## Patentingenieur

für das Arbeitsgebiet schwachstromtechnische Bauelemente sowie elektrophysikalische und elektrochemische Fragen. Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten unter ETZ 467/51 an den Verlag.

Für die Abteilung Elektrotechnik der Rheinischen Ingenieurschule Bingen am Rhein wird zum 15. März 1952 ein

## Dozent (Dipl.-Ing.)

für Licht-, Hochspannungs-, Kraftwerks- und Meßtechnik gesucht. Es wollen sich nur Herren mit ausreichenden Kenntnissen in sämtlichen genannten Fächern und mehrjähriger praktischer Erfahrung melden.

Besoldung nach TO. A III. Bewerber aus dem Personenkreis gem. Art. 131 GG werden bevorzugt.

Der Direktor: Dr.-Ing. S. Berg





**HEIZSTÄBE**  
**Silit-Cesiwid**  
WIDERSTÄNDE FÜR ELEKTROOFEN 1100 - 1400° C

ELEKTROGERÄTEBAU CESIWID GMBH ERLANGEN-Neumühle · RUF 2364  
GESELLSCHAFT SIEMENS-PLANTWERKE A. G. HEITINGEN & AUGSBURG



**Dichtungsschnur**

trocken, gefettet, gummiert, imprägniert u. gefärbt, 1-30 mm ø, wasserdicht, staubdicht u. säurebeständig, für Zähler, Schaltkästen, Kabelkästen, Apparate u. techn. Anlagen jeder Art u. Transportgefäße.

Wir bitten um Ihre Anfrage  
**Franz Limper K.G.**

RECKLINGHAUSEN I. W. - TEL. 2666  
SPEZIAL-WEBEREI U. FLECHTEREI FÜR CHEM.-TECHN. BEDARF

**Neuerung im Generatorenbau**

**Besondere Vorteile:**

- Spannungskonstanz ca. 0 bis ± 0,5% auf dem gesamten Belastungsbereich
- Ohne Hand- oder autom. Schnellregler
- Praktisch verzögerungsfreies Arbeiten, zehnmal schneller als jeder Schnellregler
- cos φ -unabhängig, d.h. bei jed. Leistungsfakt. u. bei Schwankungen desselben Spannungskonstanz ohne jede Nachreglung
- Parallelbetrieb bedingungslos möglich im Gegensatz zu anderen Fabrikaten

**Selbstregelnde „AvK“ GENERATOREN**  
Für Drehstrom u. Einphasen-WECHSELSTROMNOM. LEISTUNGEN bis 400 kVA



**A. van Kaick, AvK-GENERATOREN- u. MOTOREN-WERK**  
FRANKFURT/MAIN Stressemann-Allee 15, Tel. 61057/58/59, Teleg. Kaickgenerator Frankfurt/Main



**NORMAL - LUFTKONDENSATOREN**  
nach den Modellen der PTR mit Quarzglas-Isolation von Null bis 100 000 pF Kapazität

Präzisions-Drehkondensatoren, Schutzringkondensatoren

**VERLUSTWINKEL-NORMALE**  
für Hoch - Niederfrequenz (1 MHz, 800 Hz, 50 Hz)

technische Verlustwinkel-Meßbrücken mit visueller Ablesung.

PRÄZISIONS-KAPAZITÄTSMESSBRÜCKEN

**OBERING. FRITZ POLLAND, Ingenieurbetrieb**  
MÖNKEBERG über Kiel, Stubenrauchstraße 26

**TRENNSCHUTZSCHALTER**



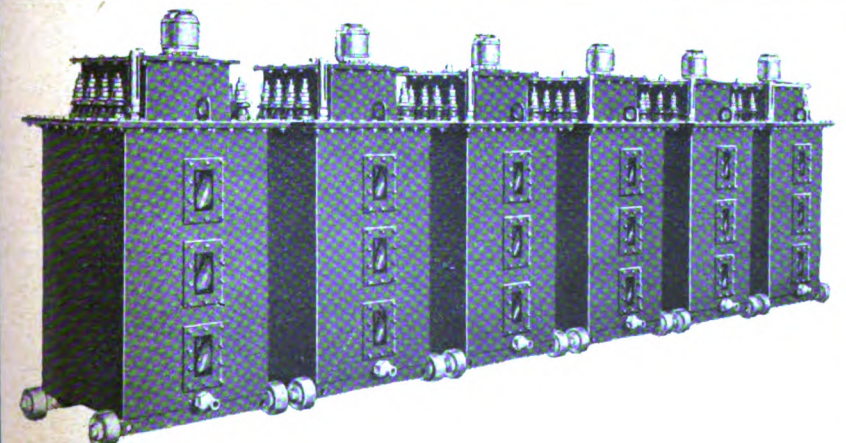
mit RWE-Heinisch-Riedl Fehlerspannungsauslöser  
Neuartiger Montagesockel gestattet Anschließmöglichkeit nach allen Richtungen  
Lieferung über den Großhandel

**GEBR. FREDE K.G.** ELEKTROFABRIK WESTKIRCHEN/WESTF.




Diese und 1000 andere **Kontakte** liefert preiswert u. schnell

**Hugo Bungenberg G.m.b.H.**  
Elektrotechnische Fabrik Wattenscheid - Ruf 1286



**Regeltransformatoren bis 120 kVA**

**Spezialtransformatoren bis 250 kVA**

**Nieke**

Elektroapparate GmbH Berlin  
Berlin-NW 87 · Franklinstraße 11-14



Leiter eines Hochfrequenz-Senderlabors gesucht, der gleichzeitig die Funktion eines stellvertretenden

## Abteilungsleiters

für die gesamte Hochfrequenz-Abteilung ausübt. Erwünscht sind Herren, die bereits Abteilungen geführt haben, sich durch Menschen- und Fachkenntnisse auszeichnen. Besondere Fachkenntnisse im Gebiet der Senderantennen und der Hochfrequenz-Meßtechnik sind notwendig.

Angebote an **RUNDFUNK - TECHNISCHES INSTITUT, NÜRNBERG.**

Ideenreicher und selbständiger

## Konstrukteur

der über Erfahrungen in der Feinmechanik und Elektrotechnik, speziell in der Entwicklung von elektrischen Wärmegeräten und Einzelteilen verfügt, für einen mittleren Betrieb Nähe Fulda mit ca. 400 Beschäftigten gesucht. Alter nicht über 40 Jahre. Ausführliche Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild und lückenlosen Unterlagen unter **ETZ 478/51** an den Verlag erbeten.

Bayerisches Elektrizitätsversorgungsunternehmen sucht für die

## Verkehrsabteilung

jungen **Diplom-Ingenieur** als Assistent für den Leiter der Verkehrsabteilung. Das Arbeitsgebiet umfaßt Strom-Lieferungs- und Bezugsverträge, Absatzwerbung, Tarifgestaltung. Kurze Betriebspraxis in Elektrizitätswerk erwünscht.

Bewerbungen mit Zeugnissen und handgeschriebenem Lebenslauf sind zu richten unter **ETZ 481/51** an den Verlag.

Erfahrene und einfallsreiche

## Konstrukteure

von **Rundfunk**-Apparate-Firma in Süddeutschland gesucht. Interessenten, die selbständiges Arbeiten gewohnt sind, bewerben sich unter **ETZ 477/51** an den Verlag.

Führende Firma für elektrische Kleinapparate und Installationsmaterial sucht zur Erweiterung ihrer Entwicklungsabteilung

## Konstruktions-Ingenieure

Da einige neue, selbständige Gruppen gebildet werden sollen, kommen sowohl ausgezeichnete Fachkräfte mit langjähriger Erfahrung wie auch jüngere Nachwuchskräfte in Betracht.

Bewerbung mit den üblichen Unterlagen unter **ETZ 474/51** an den Verlag erbeten.

## Zählerfachmann

41 Jahre, langj. Erfahrung in Rep., Umbau und Prüfung von Eltzählern der meisten Typen für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom m. d. versch. Tarifeinrichtung. Seit 15 J. in selbständiger Tätigkeit bei mittlerem EVU in Industriegebiet, gute Kenntnisse aller Tariffragen und Betriebsmessungen einschl. Fehlerortung, sucht ausbaufähigen Arbeitsplatz. Offertanforderung erbeten unter **ETZ 484/51** an den Verlag.

## Elektro-Ingenieur

für das technische Büro einer Bergbaugesellschaft zur Durchführung umfangreicher Neubauten gesucht.

Bewerbungen unter **ETZ 490/51** an den Verlag erbeten.

Für eine mittlere Fabrik Süddeutschlands

## Berechnungsingenieur für Transformatoren

zum schnellstmöglichen Eintritt gesucht. In Frage kommen Herren mit Kenntnissen und Erfahrungen auf dem Gebiet der Drehstrom-Transformatoren von 5 bis 1500 kVA.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen unter **ETZ 471/51** an den Verlag erbeten.

Für die Planung und Entwicklung von Netzanschlußgeräten und Stromversorgungsanlagen für Verstärkerämter wird ein

## Ingenieur,

möglichst mit Erfahrungen auf diesem Gebiet, von süddeutscher Firma gesucht.

Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angaben der Gehaltsforderung und frühestem Eintrittstermin unter **ETZ 479/51** an den Verlag erbeten.

Führende Firma für elektrische Kleingeräte sucht zur selbständigen Leitung ihres Konstruktionsbüros für Spezialapparate einen

## Konstruktions-Leiter

Wir legen Wert auf einen fachlich wie charakterlich gleich ausgezeichneten Fachmann, der auch schwierige Sonderaufgaben selbständig lösen und einer größeren Konstruktionsgruppe vorsteht kann.

Bewerbung mit den üblichen Unterlagen unter **ETZ 473/51** an den Verlag erbeten.

Intelligenter, durchgebildeter,

## technischer Kaufmann

(Elektrotechnik), 30—40 Jahre, für Korrespondenz, Organisation und Planung im Verkauf und Vertretung des Leiters der Verkaufs-Abteilung von größerem Werk der chemischen Industrie in Hamburg gesucht. Es handelt sich bei Eignung um eine Dauerstellung mit guter sicherer Aufstiegsmöglichkeit. Lauterer Charakter und beste kameradschaftliche Zusammenarbeit ist Bedingung. Handschriftlicher Lebenslauf, Zeugnisse, Gehaltsansprüche und frühester Eintrittstermin erbeten unter **ETZ 470/51** an den Verlag.

## Selbständiger Konstrukteur,

nur 1. Kraft, mit langjähriger Erfahrung für Transformatoren bis 20 MVA von alter angesehener Trafo-Spezialfabrik im Westen des Bundesgebietes gesucht.

Angebote nebst Angaben des frühesten Eintrittstermines erbeten unter **ETZ 487/51** an den Verlag.

## Transformatoren-Berechner u. -Konstrukteur

als

## selbständiger Abteilungsleiter

Nur Herren mit langjähriger Erfahrungen und Erfolgen auf diesem Arbeitsgebiet wollen sich bewerben unter **ETZ 480/51** an den Verlag.

Wir suchen

## Elektro-Ingenieur

im Alter von 30—40 Jahren, möglichst mit Fachkenntnissen der Akkumulatoren-Branche als **Spezialbearbeiter für die Automobil-Industrie.**

Der Bewerber muß über akquisitorische Fähigkeiten verfügen und in der Lage sein, die techn. Beratung der Kundschaft durchzuführen. Ausfuhr. Bewerbung mit handschr. Lebenslauf u. Lichtbild erbeten.

**Accumulatoren-Fabrik Wilhelm Hagen K.-G., Soest**  
**Hessische Accumulatoren-Werke G. m. b. H., Kassel-Bettenhausen**

Bedeutendes Werk der Elektroindustrie in Süddeutschland sucht zum möglichst baldigen Eintritt einen

## Elektroingenieur (HTL oder TH)

für die Verkaufs- und Beratungstätigkeit auf dem Gebiet der Hochfrequenzwärme (kapazitive u. induktive Hochfrequenzgeneratoren). Herren mit entsprechenden technischen Kenntnissen und sicherer Verhandlungsführung, möglichst nicht unter 30 Jahren, die Wert auf eine entwicklungsfähige Dauerstellung legen, bitten wir ihre Bewerbungen mit ausführlichem handgeschriebenem Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften und Angabe der Gehaltsansprüche unter **ETZ 489/51** an den Verlag zu richten.



FEUCHTRAUM  
LEUCHTSTOFFLAMPEN  
ARMATUREN



**NORKA**  
HAMBURG 13

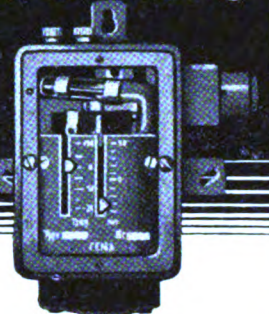
**MAUSER**  
*Elektro*  
Futterdämpfer



Zum Dämpfen aller Futtermittel.  
Kochen, Sterilisieren u. Einkochen.  
MAUSER WERKE G. M. B. H. WALDECK BEZIRK KASSEL

*Ihre Anlagen werden  
wertvoller*

durch  
**Fema-Schalt-  
und  
Steuergeräte**



**WEBER und FREUND**  
STUTT GART-W Seyfferstr.91a

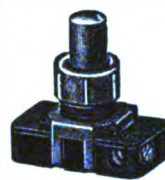
Raumthermostat  
Typ TM

**Wilhelm Nachtrodt**

Schalksmühle  
(Westfalen)



Einbau-  
Druck-  
schalter  
Einbau-  
Zug-Schalter



**PELTZER & CO**  
NEUENRADE · Westf.  
Postfach 34 · Schrauben- u.  
Drahtkurzwarenfabrik

**Schilder**  
Skalen, Zifferblätter  
geätzt, geprägt, gedruckt

Berg, Präge- & Atzwerk WUPPERTAL-  
Johannes Bornemann LANGERFELD

**FRABA**  
**RELAIS**  
Fernsteuergeräte  
Bauteile für die Fernmeldetechnik  
**FRANZ BAUMGARTNER**  
Fabrik elektrischer Apparate  
BERGISCHGLADBACH-KÖLN

FOLGE  
**6**

*Georgii* **Kobold**  
**ELEKTROMOTOREN**  
FORTSCHRITTLICH UND BEWÄHRT

Der ausgereifte Präzisions-Einzel-Antrieb  
für alle Aufgaben moderner Feinmechanik  
und neuzeitlicher Technik, z. B. hochwertige  
Filmvorführgeräte.

**GEORGII-KOBOLD · ELEKTRO-MOTOREN-  
APPARATEBAU · G. M. B. H. · STUTT GART-S**

**PAKET-  
VERSCHNÜRUNG**  
OHNE BINDFADEN-HALBAUTOMATISCH

Prospekte unverbindlich von:  
**METO-Ges. Hirschhorn / Neckar**  
No 236

**Elektromotoren  
und Generatoren**  
aller Leistungen,  
Spezialität: Großmaschinen,  
Lieferant

Adam Baumüller G. m. b. H.  
Marktrechwitz 15 — Bayern  
Derzeitiges Lager: 2350 Moto-  
ren u. Generatoren bis 1000 PS.

**SCHNELLREGLER  
SYSTEM TIRILL**

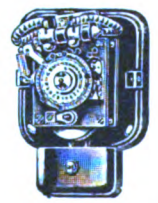
für Spannungs - Strom - Dreh-  
zahl - Leistungsfaktor - u. Elek-  
trodenregelung  
für Dreh- u. Gleichstromgene-  
ratoren bis zu den größten  
Leistungen

**SPEZIALAUSFÜHRUNG**  
weitgehend unempfindlich ge-  
gen Erschütterungen.  
Einwandfreie Regelung in jeder  
Lage  
Patent angem. Erste Referen-  
zen.  
Wir lösen alle Regelaufgaben

**RETA - ELEKTRA**  
(21b) Augustenthal-Westf.  
Gegründet 1923



**Spezial-Schaltuhren**  
für Treppenhaus-Beleuchtung  
Schaufensterbeleuchtung, Futterdämpfer  
und Dämmschaltung für Hühnerställe



**J. G. Mehne GmbH., Elektrot. u. Uhrenfabrik, Schwenningen a. N.**



Für unsere

**Kleinmotorenfabrik**

in Süddeutschland suchen wir einen

**kaufm. u. techn. Leiter.**

Verlangt werden: genaue Kenntnis der Berechnung u. Fertigung von Klein- und Kleinstmotoren, abgeschlossene Ausbildung auf einer H. T. L. oder T. H., langjährige prakt. Tätigkeit auf dem infrage kommenden Fertigungsgebiet bei erstklassigen Firmen und gute Kenntnisse in der gesamten Betriebswirtschaft. Alter etwa 40 bis 45 J.

Einzusenden ist zunächst nur ein kurzer, handschriftl. Lebenslauf ohne Zeugnisabschriften unter ETZ 491/51 an den Verlag.

In Württemberg

bei Industrie, EVU's, Elektro-Handel eingeführtes **Ingenieur-Büro für Elektrotechnik**

Sitz Stuttgart, sucht weitere elektrotechnische

**Vertretungen**

Techn. u. kfm. versierter Dipl.-Ing.; Büro, Lager, PKW, Telefon. Angebote unter ETZ 483/51 an den Verlag erbeten.

**Junger Ingenieur**

(E.-Technik) in ungekündigter Stellung als selbständiger Konstrukteur des E.-Masch.-Baues, spez. auf Gl.-Masch. (auch Turboläufer) mit besten Zeugn. u. Referenzen sucht zu Anfang d. Jahres neuen verbesserten Wirkungskreis als selbständig. Konstrukteur, Prüffelding, oder Betriebsing. Angebote unter ETZ 465/51 an d. Verlag erbeten.

**Glas- u. Vakuumentchnik**

Spezial- Glühlampen, Glühlampen. Beratung, Einrichtung, Betriebsführung. Jahrzehntelange Betr.-Erfahrung. Eigene Maschinenkonstruktionen. Interessenten schreiben unter ETZ 476/51 an den Verlag.

Erfahrener

**Industrie-Exportkaufmann**

als Sales Promoter mit möglichst perfekten Kenntnissen in Englisch, Spanisch und Französisch von elektrotechnischer Firma baldmöglichst gesucht. — Angebote unter ETZ 480/51 an den Verlag erb.

**Diplom-Ingenieur**

45 J., verh., langj. Erf. i. all. Geb. d. E-Vers., bes. Tarife, Verträge usw. u. i. Großhandel, sucht Stellung bei EVU oder in Großbetrieb. Angebote erbeten unt. ETZ 482/51 an den Verlag.

**Elektro-Ingenieur**

zur Leitung unserer Abteilung **Drosselspulen- und Kleintransformatoren** zum sofortigen Eintritt gesucht.

Nur Bewerbungen erstklassiger Fachingenieure mit praktischer Erfahrungen auf obigem Sondergebiet können berücksichtigt werden.

Für die gleiche Abteilung ein erfahrener, energischer

**Elektro-Meister**

gesucht. — Zuschriften mit Angaben der bisherigen Tätigkeit, Gehaltsansprüchen usw. unter **KY 7049** an UNIVERSAL, Deichmannhaus.

**Elektro-Ingenieur**

Mitte 40, zielbewußt u. energ., mit langj. u. vielseit. Erfahrg. im Kraftwerksbetr. u. Bau, in Hoch- u. Niederspannungs- sowie elektr. Schiffsanlagen, in ungek. Stellung, sucht verantwortungsvollen Wirkungskreis. Angebote unter ETZ 486/51 an den Verlag erbeten.

**Diplom-Ingenieur**

(Elektr.), 42 Jahre, mit langj. Erfahrungen in EVU als Betriebs- u. Bausing. (Schalt- u. Freiltgt., Install., Statistk.) in ungek. Stellung sucht Veränderung. Anfragen unter ETZ 459/51 an den Verlag.

**Spannungsprüfer**

**„COLUMBUS“**

Vertreter, die am Verkauf an **Grossisten** Interesse haben, wollen sich mit uns in Verbindung setzen **COLUMBUS-Werke** Fürth/Bay.

Welcher vorausschauende Unternehmer der Elektro-Praxis Massenfertigung möchte als **Dipl.-Ing.** zur Lösung von Problemen d. Klein-Stromerzeugung und Regeltechnik in Vertreten? Bin erstkl. Spezialist umf. Kenntn. u. überdurchschnittl. Fähigk., gleicherm. begabt f. Forschung, Entw. u. Fertigung, energ. wachsm. erstkl. Zeugnissen. Angeb. erb. unt. ETZ 475/51 an d. Ver.

Wir haben folgende gebrauchte und betriebsfähige

**Drehstrom-Öltransformatoren**

preiswert abzugeben:

Fabrikat	Leistung kVA	Spannung Volt	Schaltgruppe	Kurzschlußspannung %
SSW	50	9600 ± 4% / 210/120	C 3	3,33
SSW	50	9600 ± 3% / 226/131	B 2	3,1
Gobiet	50	2080/400/231	C 3	4,0
Gobiet	37,5/75	9900 ± 3% / 215/124	C 3	3,81
Schorch-Werk	30	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,8
Schorch-Werk	25/50	9900 ± 3% / 215/124	C 3	3,48
Koch & Sterzel	10/20	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,7
Koch & Sterzel	10/20	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,8
Koch & Sterzel	10/20	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,6
Koch & Sterzel	5/10	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,7
Hochsp.-Ges.	10	10000 ± 4% / 400/231	C 3	4,7
AEG	10	9600 ± 3% / 215/124	C 3	3,82
Lloyd	5	10000 ± 4% / 400/231	C 3	3,5
Koch & Sterzel	5	10000 ± / 210/120	A 2	4,5

Die Transformatoren sind bis vor kurzem ohne Störung in Betrieb gewesen und infolge Netzerweiterung ausgebaut worden. — Anfragen und Angebote erbeten an die

**STADTWERKE BOCHUM,**  
Bochum, Burggrafenstr. 14  
(Technische Abteilung)

Suchen zu kaufen:

**Erfindungen, Patente,**

**fabrikationsreife Entwicklungen**

Zuschriften unter ETZ 488/51 an den Verlag erbeten.

Für Prüffämter oder Prüffämter-Außenstellen

**1 röhrengesteuerte Drehstrom-Spannungskonstanthalteeinrichtung**

4,5 KVA, 380/220 Volt, Fabrikat AEG, z. Zt. noch in Betrieb wegen Anschaffung einer größeren Einrichtung zu verkaufen. Preis nach Vereinbarung.

STADTWERKE OSNABRÜCK

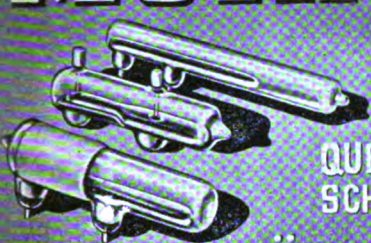
**12 Ülschalter**

gut erhalten, Fabrikat Emag, Type MOAW, 35 kV, 200 Amp. desgleichen diverse 5 kV Schaltgeräte, wie ein- und dreipolige Trennschalter Stützisolatoren, Durchführungen billigst abzugeben. Die Hochspannungsapparate können auf Wunsch nach vorheriger Anmeldung besichtigt werden. Angebote sind zu richten an:

UBERLANDWERK OBERHESSEN, Friedberg / Hessen

2 SSW Expansions-Leistungsschalter Type R 624/330, 30 kV - 600 A  
12 Porz. Hochspannungs-Wanddurchführungs-Isolatoren, Reihe 20  
4 SSW-Hochspannungs-Trennschalter, Type R 205/30, 350 Amp.  
3 Hochspannungs-Kabel-Winkel-Endverschlüsse, Reihe 10  
2 Hochspannungs-Kabelendverschlüsse, Reihe 10 MF 3  
17 ovale Flansch-Stützisolatoren, Reihe 30  
ab Lager gegen Kasse abzugeben.  
Angebote unter ETZ 482/51 an den Verlag erbeten.

# MUTH u. CO



QUECKSILBER-SCHALTER

## NÜRNBERG



# PHASENSCHIEBER

*der zuverlässige*

# STROMSPARER

ERO-STARKE STROMKONDENSATOREN GMBH. LANDSHUT/BAY.

# BINDER



ELEKTROMAGNETISCHE AUJFSPANNAPPARATE



**WILH. BINDER · VILLINGEN · SCHWARZW.**  
MASCHINEN-UND ELEKTRO-APPARATE-FABRIK



# RIETH & CO

KIRCHHEIM / TECK · ÖTLINGEN  
FERNRUF 608 u. 1190

Das Spezialeisenwerk für die Elektroindustrie

Hoch- und Niederspannungsgerüste  
Freiluftanlagen,  
Schalttafeln, Schaltpulte, Schaltschränke,  
Drahtgittertüren und Verkleidungen,  
Staubdecken für Schaltwarten, Fahrgestelle,  
Kabelschellen für Schnellverlegung,  
Verzinkte Erdungsstangen u. Erdungsbandeisen

Stammwerk seit 1886 RIETH & SOHN, Berlin

## Wolfram-Molybdän-Platin-Silberkontakte



Unterbrecherhebel Formstücke

Richard Schier, Elektrometallwerk, Berlin - Neukölln, Kiehlufer 43

## ELEKTRISCHE UHREN



Hauptuhren mit Nebenuhren  
Signaluhren für Fabriken und Schule  
Läutwerke verschiedenster Art  
liefert seit Jahrzehnten

C. Theod. Wagner A.-G., Wiesbaden 1

## Drucktastenschienen Elektro-Schaltgeräte

Werner Schwartz, Hamburg Othm.  
Meistertwiete 7. Ruf: 49 5517

Zu kaufen gesucht:  
**Drehstrom-  
Öltransformator**  
gebraucht, Durchgangsleistung  
etwa: 5000 KVA, Übersetzungs-  
verhältnis: 10 000/6000 V, Fre-  
quenz: 50 Hertz, Kurzschluß-  
spannung: etwa 8%  
NORDEUTSCHE HUTTE  
Aktiengesellschaft  
Bremen - Oslebshausen

## DACHSTÄNDER-EINDECKBLECHE

einteilig und nach DIN 48170

## ANKER-EINDECKBLECHE

einteilig, zweiteilig und mit  
**DREHBAREN STÜTZEN**  
Mastkappen  
Verzinkte Aussteigläden  
Verzinkte Erdplatten



Robert Brückel, Lang-Göns (Hessen)  
Fabrikation von Blechwaren



# ETZ - Einbanddecke 1951

Halbleinen · stoßfeste Leinenecken · Rückentitel in Gold-  
prägung · Preis DM 2.-\* zuzüglich Versandkosten

zum Einbinden der ETZ-Hefte 1951 zum festen, stets griffbe-  
reiten und kompletten Jahresband.

## VDE-VERLAG GMBH.

Wuppertal-Elberfeld

Berlin-Charlottenburg 4

\*) DM 1,50 für VDE-Mitglieder

# VDE-Vorschriften

## *Auswahl für den Elektro-Meister*

DIN A 5, 270 Seiten, im Taschenordner DM 10.—

Nach mehrjähriger Pause hat der VDE-Verlag die bei allen Installateuren sehr beliebte Zusammenstellung wieder neu herausgebracht. Sie enthält die wichtigsten Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Starkstromanlagen einschließlich der Regeln für Leuchtröhren-Anlagen. Außer dem Merkblatt für elektrische Anlagen in der Landwirtschaft sind auch die Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden und die Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen aufgenommen. Die Auswahl enthält die Erdungsvorschriften sowie Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten, ferner die Vorschriften für elektrische Anlagen in sprengstoffgefährdeten Räumen. Mit der Aufnahme der Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen wurden besonders die Interessen der Installateure auf dem Lande berücksichtigt. Die einzelnen Vorschriften können mit wenigen Handgriffen durch Neufassungen ersetzt werden.

**VDE - Verlag**

Wuppertal - Elberfeld · Berlin - Charlottenburg 4

## INHALT:

VDE	
0024	2. 51
0100	VIII. 44
0100	□/2. 51
0101	V. 43
0105	XII. 40
0125	1932
0128	1936
0130	V. 42
0132	1932
0134	10. 50
0140	1932
	mit
0140	□/1. 45
0141	XII. 40
	mit
0141	□/1. 45
VDE	
0165	1935
	mit
0165	□/II. 45
0166	II. 44
0210	2. 51



*Für technisch interessierte Jungen,  
die vor der Berufswahl stehen ein  
schönes Weihnachtsgeschenk!*

**Otto Lorenz VDI**

## Der Ingenieurberuf

Voraussetzungen - Ausbildung - Laufbahnen

152 Seiten mit 4 Bildern - Kartoniert DM 4,80

In diesem Buch findet er alle Fragen bezüglich der Wahl des Fachgebietes, der Dauer der praktischen Lehre und des Studiums, der Kosten des Studiums, ob Hoch- oder Ingenieurschule usw. erschöpfend behandelt.

**DEUTSCHER INGENIEUR-VERLAG GMBH**

Verlag des Vereines Deutscher Ingenieure  
DÜSSELDORF - INGENIEURHAUS

**ARCUS**  
KLEMMEN-  
MATERIAL

für Kupfer-  
Aluminium-  
Verbindungen

**A. SCHIFFMANN**  
SPEZIALFABRIKATE DER ELEKTROTECHNIK  
MÜNCHEN 13 · ADALBERTSTR. 40-42 · TEL. 34329

**GUMMISCHLAUCHLEITUNGEN**  
mit dem *frosa* Faden

**ABELWERK REINSHAGEN** z. m. b. H.  
UPPERTAL - RONS DORF

**AUTOLA**

SELENGLEICHRICHTER FÜR GALVANIKANLAGEN  
ALLER GROSSEN, BATTERIELADUNG, MAGNETSPEISUNG,

auch in  
ölgeschützter  
und ölgekühlter  
Bauart

Hohe  
Wirtschaftlichkeit

Verschleißloses  
Arbeiten

Günstiger  
Wirkungsgrad

Lange  
Lebensdauer

Ölgekühlter  
Galvanik-Gleich-  
richter 4-8 V,  
1000 Amp.  
verlustfrei,  
regelbar

**AUTOLA** STROMRICHTER - GERÄTEBAU  
PAUL LATTERMANN  
HANNOVER-S. Altenbekenerdamm 91





*Auf der Höhe*

DES TECHNISCHEN FORTSCHRITTS  
SIND UNSERE CHEMIKER UND INGENIEURE.

ES GIBT KEINEN STILLSTAND IN DER ENTWICK-  
LUNG VON ELEKTROLACKEN UND DER DAMIT  
VERBUNDENEN FORSCHUNG AUF DEM KUNST-  
HARZ- UND KUNSTSTOFF-GEBIET, DAS BESSERE  
IST AUCH HIER DER FEIND DES GUTEN. UNSERE  
NEUESTEN ERZEUGNISSE GEBEN HIERFÜR DEN  
ÜBERZEUGENDEN BEWEIS.

**ELMO-LACKE  
TENTRONITE  
INSULATORS  
SILICONITE**

KABEL- UND SCHALTDRAHTLACKE  
GEWEBE- UND SCHLAUCHLACKE  
ISOLIER-ÜBERZUGSLACKE



*Dr. Beck & Co. GmbH, Hamburg 28*

**KWR**

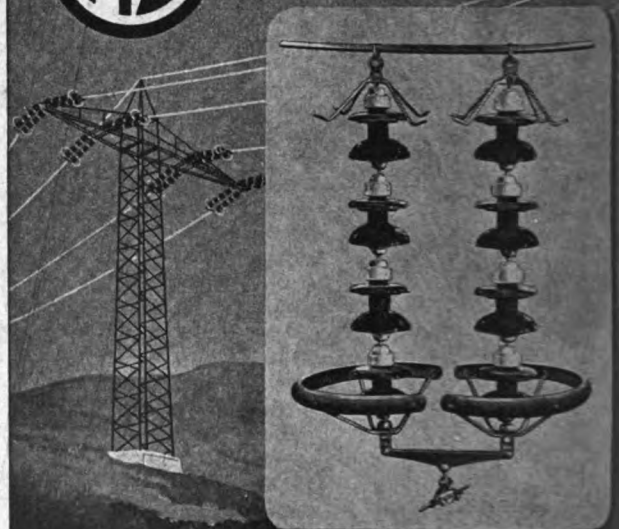


Fernmeldekabel

**ABELWERK RHEYDT AKT.-GES.  
RHEYDT**



**»KRONPRINZ«**  
*liefert*  
*als Spezialität*



**Hochspannungsarmaturen  
Niederspannungsmaterial**

**»KRONPRINZ«** AKTIENGESELLSCHAFT SOLINGEN-  
FÜR METALLINDUSTRIE OHLIGS













FOUND

MAR 31 1953

UNIVERSITY OF MICHIGAN  
LIBRARY

  
TWO WEEKS

